

# CAPITULO 1

## *INTRODUCCIÓN*

### **1.1 Introducción**

Debido al hecho de que las múltiples actividades humanas han afectado, en la mayoría de las veces en forma negativa, al medio en que habitamos, se puede afirmar que nuestra supervivencia dependerá del correcto conocimiento del medio ambiente y de la adopción de medidas inteligentes para preservar, restaurar y mejorar la calidad de éste. Urge tomar decisiones concretas orientadas a prevenir y corregir el grave deterioro causado al equilibrio ecológico y a nuestro medio ambiente. Esto implica, primeramente, la difusión de una cultura ecológica más dinámica, que despierte nuestra conciencia y nos permita actuar con un verdadero conocimiento de causa; para implantar acciones orientadas a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección del medio ambiente.

En la medida en que los residuos generados durante la actividad productiva de la humanidad contengan sustancias con propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas, su manejo y difusión en el ambiente puede llegar a provocar efectos nocivos en la salud, dañar a la flora y a la fauna, deteriorar la calidad del agua y de los suelos y, en general, afectar los bienes y la calidad de vida de la población en general.

En investigaciones realizadas en los Estados Unidos de América,<sup>1</sup> se encontraron evidencias que demuestran que los residuos peligrosos causan severos efectos sobre la salud. Además, se indica que, si bien en muchos sitios el riesgo actual es bajo, éste se incrementará en el futuro, si se considera que muchos contaminantes son persistentes y que tienen el potencial de migrar hasta los acuíferos: con lo cual, la exposición humana a esos riesgos aumentaría considerablemente.

Para poder tener un ambiente sano, en el que se pueda vivir en armonía con la naturaleza, es necesario controlar eficientemente la producción, almacenamiento, tratamiento, reciclado, transporte, recuperación y eliminación de los desechos; poniendo especial atención en aquéllos que son considerados peligrosos o potencialmente peligrosos. El objetivo debe ser impedir en lo

posible y reducir al mínimo la producción de residuos que puedan afectar negativamente al medio ambiente.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) define como peligrosos: "Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente".<sup>2</sup>

En los últimos años, en México y en todo el mundo, se han presentado problemas de residuos peligrosos y sus implicaciones sobre los ecosistemas y la salud humana, incrementándose el número de éstos con muy diversos grados de afectación. La afectación va desde la contaminación de innumerables cuerpos de agua por residuos industriales, hasta la intoxicación masiva por residuos altamente tóxicos descargados en sitios inadecuados.<sup>3</sup>

Las experiencias resultantes del mal manejo de los residuos peligrosos han demostrado que es más costoso remediar que prevenir y que mientras la administración de los residuos y los contaminantes representan costos a las

empresas que los generan, su difusión en el ambiente constituye una carga temible para la sociedad.

Según las cifras oficiales, la producción de residuos peligrosos en México ha ido en aumento. Así, en 1986 se estimaba una producción anual de 2.74 millones de toneladas.<sup>4</sup> En 1990 se llegó a 5.65 millones de toneladas<sup>5</sup> y para 1995 se calculó una generación de entre 7 y 7.5 millones de toneladas anuales.<sup>6</sup> Cabe considerar que, aún con los datos oficiales, se ha establecido que en 10 años se ha triplicado la producción de residuos,<sup>7</sup> pero que en el mismo período no se incrementó la capacidad instalada para su manejo adecuado.

En todos los foros de organismos internacionales se manifiesta el interés por un control adecuado de los residuos peligrosos; citemos: la Reunión Cumbre de la Tierra (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992) y el Convenio de Basilea (Regula el Movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos, suscrito en marzo de 1989) en los que México ha participado como país miembro de la Organización de Naciones Unidas. En ellos se hace hincapié en recomendar el tratamiento *in situ* de los residuos peligrosos, o en sitios muy cercanos a las fuentes generadoras, para así minimizar los riesgos del transporte de un lugar a otro.

Entre las distintas acciones que se aplican para un manejo adecuado de los residuos peligrosos se tiene que, en primer lugar, tratar de minimizarlos en la fuente misma que los origina; en segundo término, tratar de reciclarlos o aplicar un tratamiento mediante tecnologías adecuadas para su recuperación y, en último lugar, confinarlos en lugares especialmente diseñados con este propósito.<sup>8</sup>

## **1.2 Situación de los Residuos Peligrosos en México**

La cantidad de residuos peligrosos generados durante la actividad productiva de la humanidad es grande, por lo que es importante identificarlos, cuantificarlos y encontrar alternativas económicas de tratamiento para su reúso, minimización, confinamiento o disposición final, ya que al manejarlos inadecuadamente se afecta en gran manera al ambiente, contaminando ríos, cañadas, desiertos, etc.

La actividad industrial del país contribuye en manera muy diversa a la generación de contaminantes, dependiendo de las características de los procesos y del tipo de insumos y productos. Dependiendo también del volumen de generación y de su concentración, estos residuos y sustancias peligrosas pueden representar mayores o menores riesgos ambientales.

**Tabla 1.1 Generación estimada de residuos peligrosos por entidad federativa (1994)**

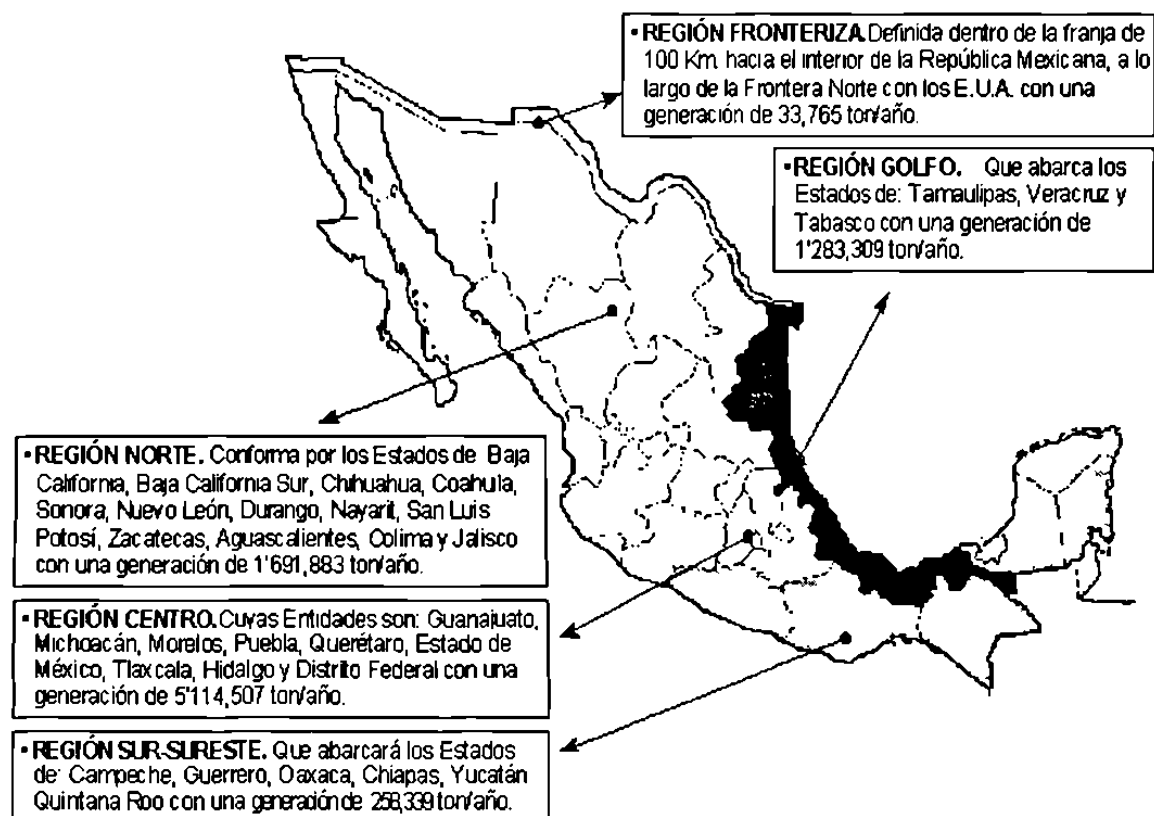
Estado	miles de ton/año	Porcentaje
Aguascalientes	65	0.81
Baja California	160	2.00
Baja California Sur	10	0.13
Campeche	12	0.15
Coahuila	300	3.75
Colima	15	0.19
Chiapas	60	0.75
Chihuahua	210	2.62
Distrito Federal	1 839	22.98
Durango	80	1.00
Estado de México	1 415	17.68
Guanajuato	260	3.25
Guerrero	28	0.35
Hidalgo	135	1.68
Jalisco	600	7.50
Michoacán	120	1.50
Morelos	110	1.37
Nayarit	40	0.50
Nuevo León	800	10.00
Oaxaca	70	0.87
Puebla	245	3.06
Querétaro	178	2.23
Quintana Roo	8	0.10
San Luis Potosí	180	2.25
Sinaloa	80	1.00
Sonora	145	1.81
Tabasco	50	0.63
Tamaulipas	150	1.87
Tlaxcala	60	0.75
Veracruz	475	5.73
Yucatán	80	1.00
Zacatecas	20	0.25
<b>Total</b>	<b>8 000</b>	<b>100.00</b>

*Fuente: Instituto Nacional de Ecología, 1994*

Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Ecología (INE), en 1994 la generación total de residuos peligrosos de origen industrial en México fue de aproximadamente ocho millones de toneladas anuales, de las cuales 800 000 toneladas, que representan el 10%, fueron generados en el Estado de Nuevo León.

En la Tabla 1.1 destacan por su generación de residuos peligrosos, el Distrito Federal y el Estado de México, con 1 839 y 1 415 miles de ton/año respectivamente. Otros estados importantes por su generación de residuos son Nuevo León, con 800 miles de ton/año y Jalisco, con 600 miles de ton/año; así como Coahuila, Puebla y Chihuahua con 300, 245 y 210 miles de ton/año, respectivamente.

Se estima que sólo el 12% de los residuos peligrosos generados en México se controlan adecuadamente.<sup>13</sup> La capacidad de manejo adecuado de los residuos peligrosos en el país es sumamente limitada; de hecho, sólo una muy pequeña proporción del total generado es transportado, reciclado, destruido o confinado en condiciones técnicas y ambientales satisfactorias.



**Figura 1.1 Distribución geográfica de la generación de residuos industriales peligrosos en la República Mexicana**

*Fuente: AMCRESPAC, 1998*

En México, según muestra la figura 1.1, la generación de residuos industriales peligrosos se concentra de manera importante en la región centro del país (Guanajuato, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo y Distrito Federal), le siguen la región norte (Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Durango,

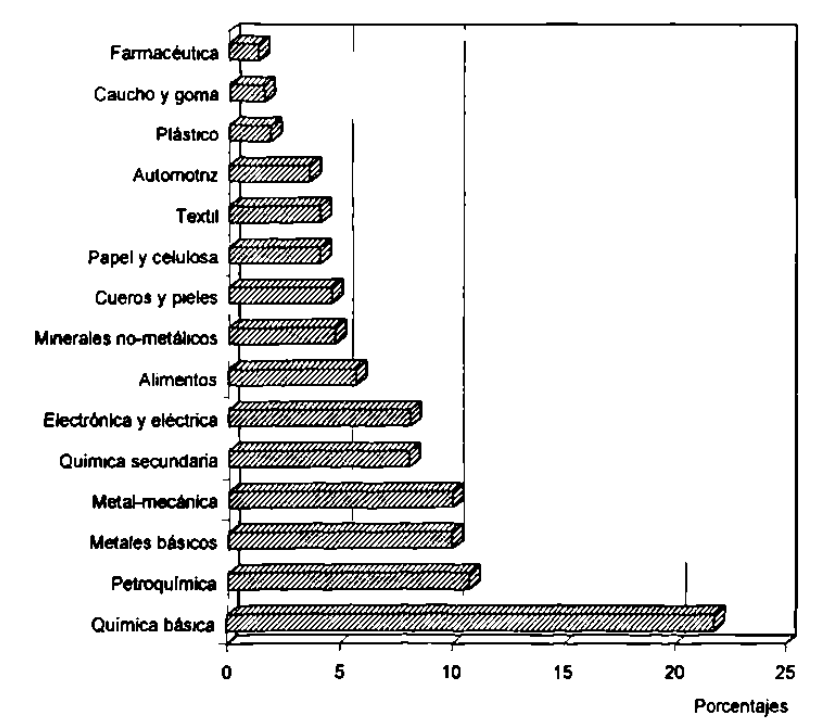


Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa, Zacatecas, Aguascalientes, Colima y Jalisco) y la región del Golfo (Tamaulipas, Veracruz y Tabasco).<sup>15</sup>

Sin embargo, la región norte contiene el 86 % del total de las instalaciones para manejo de residuos peligrosos del país, considerando el volumen de tratamiento y disposición de las mismas, mientras que la región centro sólo cuenta con el 14 % de éstas. Las regiones sureste y del Golfo sólo contienen entre las dos al 3% de las instalaciones nacionales.<sup>15</sup>

Según el tipo de residuo, los aceites, grasas y disolventes representan más del 45% del total de los residuos que se generan en el país. Las resinas, ácidos y bases representan el 10% y los desechos de pinturas y barnices el 8%.<sup>13</sup>

Las industrias Química Básica y Petroquímica son las principales generadoras de residuos peligrosos, ya que aportan aproximadamente el 33% del total, seguidas por las ramas Metal-mecánica y Metal básica con el 10% cada una; la Química Secundaria y la industria Electrónica y Eléctrica con el 8%.<sup>13</sup> La figura 1.2 muestra la generación nacional de residuos peligrosos clasificados por rama industrial.



**Figura 1.2 Gráfica de la generación estimada de residuos peligrosos por rama industrial.(aprox. 8 000 000 ton/año)**

*Fuente: Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, INE.*

Uno de los riesgos ambientales, asociado al crecimiento industrial, es el uso intensivo de productos químicos que son precursores de residuos peligrosos, algunos de los cuales tienen características de peligrosidad para la salud humana y la de los ecosistemas. El daño que estas sustancias pueden causar depende en primera instancia de su grado de toxicidad, pero también de que los volúmenes de generación y su persistencia propicien que se alcancen concentraciones suficientes para causar efectos nocivos en el hombre y su medio ambiente. En este contexto, la preocupación por las sustancias químicas potencialmente tóxicas se centra en aquellas que poseen propiedades de alta

toxicidad, de persistencia ambiental o de bioacumulación y que son generadas por las actividades productivas.<sup>13</sup>

Se ha hecho evidente que toda sustancia química puede encerrar peligros para la salud y la seguridad de los seres vivos y el ambiente que los rodea, si alcanza una concentración dada y si la exposición se prolonga por un tiempo suficiente para que ésta ejerza sus efectos. A la fecha, no se cuenta con un esquema metodológico para determinar el potencial de afectación y evaluar los riesgos a la salud y al ambiente asociados a los problemas derivados del manejo inadecuado de los residuos industriales.<sup>13</sup> Las instituciones de enseñanza e investigación representan un porcentaje significativo, pero aun no cuantificado en cifras oficiales, del número total de generadores de cantidades pequeñas. Aunque no podemos comparar los residuos peligrosos generados durante las prácticas académicas con los de otros generadores, es innegable que durante el proceso de enseñanza e investigación se producen cientos de diferentes residuos peligrosos por año.

Los residuos generados como resultado de actividades académicas comprenden reactivos excedentes y caducados, preparaciones de investigación, residuos de solventes, muestras de pruebas analíticas, muestras de control biológico y residuos contaminados con agentes infecciosos, residuos de animales de

experimentación y medicamentos, así como sustancias radiactivas,<sup>9</sup> además de los envases que durante lapsos almacenaron sustancias químicas.

Las sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan, tienen categoría Y14 de desechos que se deben controlar, según El Convenio de Basilea.<sup>10</sup>

Existe preocupación por el deterioro del ambiente a causa de la poca prevención y mala disposición de los residuos peligrosos. Por ello se hace necesaria la cooperación y participación activas de la comunidad internacional, los gobiernos y la industria. Se requieren conocimientos, personas con experiencia, instalaciones adecuadas, recursos financieros y capacidades técnicas y científicas, junto con una buena voluntad.

En México, La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece en el Artículo 39 la incorporación de contenidos ecológicos en los diversos ciclos educativos y en el Artículo 41, son facultades de la Federación, los Estados y los Municipios, el fomentar investigaciones científicas y promover programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan

prevenir, controlar y abatir la contaminación, propiciar el aprovechamiento racional de los recursos y proteger los ecosistemas.<sup>2</sup>

### **1.3 Objetivos del Presente Trabajo**

1. Proponer, de acuerdo con la normatividad ambiental existente, procedimientos para el correcto manejo y disposición final de los residuos peligrosos generados en los laboratorios de la F. C. Q. de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
2. Reducir los riesgos potenciales de afectación por el manejo inadecuado de los residuos peligrosos.
3. Señalar las bases metodológicas para extender este trabajo a otras instituciones académicas o de investigación.

## 1.4 Hipótesis

Si se logran identificar y cuantificar los residuos peligrosos desde su generación en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y se siguen los métodos y lineamientos para su correcto manejo y disposición se logrará conservar ese ambiente sano y seguro para los usuarios, además de contribuir a preservar el equilibrio ecológico y proteger el medio ambiente.

## **CAPITULO 2**

### ***CONSECUENCIAS DEL MANEJO INADECUADO DE RESIDUOS PELIGROSOS***

Uno de los riesgos ambientales asociado al crecimiento industrial es el uso intensivo de productos químicos que son precursores de residuos peligrosos, algunos de los cuales tienen características de peligrosidad para la salud y contra la seguridad de los seres vivos y el ecosistema. El daño que estas sustancias pueden causar depende, en primera instancia, de su grado de toxicidad; pero también de que los volúmenes de generación y su persistencia propicien que se alcancen concentraciones suficientes para causar efectos nocivos. En este contexto, la preocupación por las sustancias químicas potencialmente tóxicas se centra en aquéllas que poseen propiedades de alta toxicidad, de persistencia ambiental o de bioacumulación y que son generadas por las actividades productivas.

La toxicidad de una sustancia se determina de acuerdo con los efectos letales, crónicos o subcrónicos que pueden presentarse en diferentes organismos o blancos ambientales. Sin embargo, generalmente se resaltan los efectos adversos potenciales de las sustancias sobre la salud humana. Entre los parámetros de toxicidad comúnmente evaluados se destacan los siguientes:

- Letalidad aguda
- Efectos subletales en especies de no mamíferos
- Efectos subletales en plantas
- Efectos subletales en mamíferos
- Teratogenicidad
- Genotoxicidad/Mutagenicidad
- Carcinogenicidad

La capacidad de manejo adecuado de los residuos peligrosos en México es sumamente limitada; de hecho, sólo una muy pequeña proporción del total generado es transportado, reciclado, destruido o confinado en condiciones técnicas y ambientales satisfactorias, ya que se estima que sólo el 12% de los residuos peligrosos generados en el país se controlan adecuadamente.<sup>13</sup>



## 2.1 Sitios Afectados por Residuos Peligrosos

A la fecha, no se cuenta con un esquema metodológico para determinar el potencial de afectación y evaluar los riesgos a la salud y al ambiente asociados a los problemas derivados del manejo inadecuado de los residuos industriales. Los estudios de evaluación de los efectos ambientales realizados en México se han enfocado principalmente a problemas específicos o accidentes, algunos de los cuales se documentan a continuación:<sup>13</sup>

- En 1958 se estableció en Lechería, municipio de Tultitlán, Estado de México, la empresa Cromatos de México, S. A., dedicada a producir compuestos de cromo.

El proceso de producción era a cielo abierto, sin existir controles sobre las emisiones de polvos, descargas de aguas residuales y manejo de los residuos, los que se arrojaban en sitios disponibles en las zonas aledañas y que simultáneamente, se ofrecían como material de relleno.

A partir de 1975, se iniciaron reclamos por parte de la población que estaba siendo afectada por los residuos de cromo hexavalente. Después de un largo proceso, en 1978 se determinó la clausura definitiva de la fábrica, el traslado a

los terrenos de la planta de parte del relleno antes utilizado en la nivelación de calles y la construcción de un cementerio industrial que inició operaciones en 1983. En este depósito se almacenaron 75 000 toneladas de residuos que estaban expuestos a cielo abierto.

- En marzo de 1987, la empresa Alco Pacífico de México, S.A. de C.V., inició operaciones como recicladora de plomo bajo el régimen de maquiladora, hasta abril de 1991, fecha en que la desaparecida SEDUE ordenó la clausura total de sus instalaciones por no cumplir con la normatividad. Esta empresa utilizaba como materia prima baterías automotrices, residuos de óxido de plomo, y lotes de baterías trituradas con alto contenido de óxido de plomo y sulfato de plomo, adquiridos en Estados Unidos bajo el régimen de importación temporal.

Al declararse en quiebra, los propietarios de la empresa dejaron en sus patios alrededor de 12 000 m<sup>3</sup> de residuos peligrosos y 18 000 m<sup>3</sup> de suelos contaminados, dispuestos de una manera inadecuada y sin cumplir con la obligación legal de retornarlos a su país de origen.

Las autoridades destinaron fondos para cubrir los residuos con una membrana geomorfológica de polietileno de alta densidad, con lo que se evita la contaminación a la población y al ambiente mientras se lleva a cabo la obra de remediación del sitio.

- Una empresa Química, ubicada en el km 13.5 de la carretera León-San Francisco, en el municipio de San Francisco del Rincón, Guanajuato, inició sus actividades en 1972. Esta planta se dedica a la producción de sales de cromo y ácido crómico a partir de cromita, utilizando el proceso en dos fases. Los residuos generados consisten en sólidos sobrantes del proceso de lixiviación y alúmina precipitada durante la adición de ácido sulfúrico al licor.

Durante once años dichos residuos se depositaron en patios a cielo abierto, directamente sobre el suelo, sin tener éste preparación alguna, lo que causó contaminación de suelos, aire y mantos freáticos.

En virtud de que actualmente se encuentran almacenados en dos celdas 13 000 toneladas de residuos de alúmina y más de 300 000 toneladas de residuos de cromo, se están llevando a cabo acciones conjuntas con la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma de Guanajuato, dando

tratamiento a dichos residuos para disminuir su peligrosidad y lograr su aprovechamiento a través de su reciclaje y reúso.

- En marzo de 1984, en la Colonia El Caracol del municipio de Tlalnepantla, Estado de México, se produjo la mezcla de materiales filtrantes con contenido de grasas que al ser dispuestos inadecuadamente dieron lugar a un fenómeno exotérmico, que afectó a la población circunvecina.

Las acciones de remediación se concretaron a tapar con tierra los residuos peligrosos. Por otro lado, el origen de los residuos no ha sido aclarado, aunque se señala a diversas empresas aceiteras como las responsables de su disposición.

En la tabla 2.1 se presenta una relación de casos de disposición clandestina de residuos industriales peligrosos, los que fueron detectados por medio de actividades de inspección entre 1994 y 1996.

**Tabla 2.1 Sitios afectados por residuos peligrosos en proceso de restauración.**

<b>Sitio y tipo de residuo depositado</b>	<b>Cantidad de residuos removidos y enviados a confinamiento (ton)</b>
A lo largo de la carretera Pachuca-Hidalgo y principalmente en el Km. 30, se encontraron escorias con alto contenido de plomo provenientes de la fundición de baterías automotrices.	19 000
En el municipio de Chimalhuacán, Edo. de México, se encontraron residuos con asbesto.	672
En el municipio de Huixquilucan, Edo. de México, se encontraron diversos residuos de origen farmoquímico.	13
En un banco de tezontle ubicado en el municipio de Atotonilco, en el Edo. de Hidalgo, se encontraron escorias con alto contenido de plomo provenientes de la fundición de baterías automotrices.	474
En el municipio de Acolman, Edo. de México, se encontraron residuos provenientes de la fabricación de pinturas (principalmente solventes sucios) y lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales en 16 ladrilleras.	9 639
Se encontró una bodega de plaguicidas caducos e inadecuadamente almacenados en la Delegación de Iztapalapa.	111
<b>TOTAL</b>	<b>29 909</b>

*Fuente: Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, INE.*

Como se sabe, la falta de infraestructura y de servicios para el manejo adecuado de residuos ha propiciado la proliferación de prácticas ineficientes de

gran impacto ambiental. Sus consecuencias ambientales han sido ya documentadas y abarcan desde el deterioro a la salud y la inutilización de acuíferos, hasta la afectación de cadenas tróficas a través de procesos de bioacumulación. La tabla 2.2 muestra la relación de sitios afectados por disposición inadecuada de residuos peligrosos.

Tradicionalmente, desde el inicio del proceso de industrialización en México, la industria minera, química básica, petroquímica y de refinación del petróleo, han producido cantidades muy grandes de residuos peligrosos muy difíciles de cuantificar. En muchos casos éstos han sido depositados abiertamente sobre el suelo sin ningún tipo de control. Esto ha planteado importantes riesgos a la población o bien generado riesgos de contaminación de acuíferos por la lixiviación de contaminantes, ya que, además, un número importante de estos sitios se encuentran cercanos a centros de población o vías generales de comunicación.

También debe apuntarse, ante la inexistencia de suficientes confinamientos para residuos peligrosos, el hecho de que muchas empresas industriales han dispuesto de sus residuos en los sistemas municipales de recolección y tiro, que ante condiciones geohidrológicas de vulnerabilidad representan riesgos ambientales de consideración.

**Tabla 2.2 Relación de sitios afectados por disposición inadecuada de residuos peligrosos**

<i>Ubicación</i>		<i>Tipo de contaminantes</i>
<i>Municipio o Delegación</i>	<i>Estado</i>	
Azcapotzalco	Distrito Federal	Hidrocarburos, metales pesados y BPC's
Tijuana	Baja California	Plomo (Pb)
Saltillo	Coahuila	Diesel
Ecatepec	México	Solventes
Tultitlán	México	Acido Fosfórico, hexametáfosfato, tripolifosfato, carbonato de sodio
San Francisco del Rincón	Guanajuato	Cromo (Cr)
Salamanca	Guanajuato	Agroquímicos y azufre contaminado con agroquímico
Tula	Hidalgo	Catalizadores gastados (metales pesados)
Guadalajara	Jalisco	Hidrocarburos
Santa Catarina	Nuevo León	Combustóleo
San Luis Potosí	San Luis Potosí	Plomo (Pb) y arsénico (As)
Coatzacoalcos	Veracruz	Plomo (Pb)
Coatzacoalcos	Veracruz	Azufre líquido, aceites, solventes y lodos con cromo
Tultitlán	México	Cromo (Cr)
Miguel Hidalgo	Distrito Federal	Hidrocarburos totales del petróleo, solventes y metales pesados
Ecatepec	México	Hidrocarburos totales del petróleo y metales pesados
Coatzacoalcos	Veracruz	Fosfoyeso
Progreso	Yucatán	Gasolina y diesel
Cumobabi	Sonora	Plomo (Pb) y cadmio (Cd)
San Luis Potosí	San Luis Potosí	Plomo (Pb)
Monterrey	Nuevo León	Plomo (Pb)

*Fuente: Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, INE.*

## **2.2 Efectos Nocivos de Algunas Sustancias Químicas**

De los diversos compuestos químicos encontrados en aguas subterráneas, los orgánicos son los que representan el mayor riesgo por sus efectos en el ambiente y en la salud humana. Dentro de este grupo de compuestos, los disolventes industriales y los hidrocarburos aromáticos derivados del petróleo son los más comunes.

Muchos de los problemas de contaminación ocurren por fugas, derrames y disposición de líquidos orgánicos inmiscibles en la superficie del agua, los cuales se inscriben dentro de fases líquidas no acuosas. Estos fluidos inmiscibles pueden clasificarse en dos categorías: aquéllos cuya densidad es mayor que la del agua, que incluyen a los solventes percloroetileno y tricloroetileno, sustancias como la creosota, ciertos compuestos orgánicos policlorados y algunos plaguicidas, y otros más ligeros que el agua donde se incluyen compuestos como el benceno, tolueno, etilbenceno y los xilenos.

Los compuestos cuya densidad es mayor que la del agua se utilizan comúnmente en tintorerías, preservación de madera, industria electrónica y eléctrica, maquinado, talleres de impresión, producción y reparación automotriz, asfaltado y aviación. Estas sustancias se transforman en forma descendente y



aun cuando presentan una baja solubilidad, las concentraciones detectadas en varias regiones sobrepasan las normas de calidad de agua potable.

Los sitios contaminados con sustancias cuya densidad es mayor que la del agua pueden representar también una fuente significativa de contaminación a largo plazo.

Los productos químicos encontrados en aguas subterráneas se originan principalmente en actividades en zonas urbanas e industriales. Por lo tanto, generalmente las aguas subterráneas contaminadas se localizan cerca de áreas industrializadas o densamente pobladas, circunstancia que incrementa la posibilidad de exposición humana.

Algunos de los contaminantes orgánicos que se han detectado en aguas subterráneas representan un severo riesgo para la salud. Sustancias como el percloroetileno y tricloroetileno producen depresión del sistema nervioso central o afectan el funcionamiento del hígado y del riñón, en tanto que el tetracloruro de carbono, el cloroformo y el benceno son agentes cancerígenos.

Algunos compuestos organoclorados como los BPC's y metales pesados como el plomo, el cadmio y el mercurio, son ejemplos típicos de contaminantes con elevada persistencia ambiental que son agentes mutagénicos o teratogénicos.

La contaminación por residuos peligrosos es un problema de exposición a diversas mezclas de sustancias químicas y cada sitio da origen a mezclas diferentes de contaminantes que representan un potencial tóxico distinto, por lo que se hace necesario desarrollar métodos que permitan abordar estos problemas.

Los laboratorios de investigación, servicio y enseñanza de instituciones educativas son un medio adecuado y oportuno para ser estudiados en el contexto de la generación de residuos peligrosos.

## CAPITULO 3

### *ANTECEDENTES DEL PROBLEMA*

#### **3.1 Introducción**

En el presente año, 1999, se alcanza una fecha muy significativa para la UANL y para la FCQ, ya que ambas cumplen 66 años de formar profesionistas.

Durante 66 años la FCQ ha egresado Farmacéuticos, Químicos Técnicos, Químicos Agrícolas, Químicos Industriales, Químicos Farmacéuticos Biólogos, Ingenieros Químicos e Ingenieros Industriales Administradores que han apoyado el desarrollo tecnológico de México.

Su dedicación y empeño ha permitido que generaciones de egresados ahora estén (o estuvieran) en puestos importantes desarrollando tanto investigación científica como actividades académicas o administrativas en el sector Privado o

en la sociedad, así como en el Gobierno; además, la formación obtenida y el espíritu creativo de muchos ha dado como resultado empresarios exitosos que doblemente apoyan el desarrollo del país con su trabajo personal y en la generación de empleos.

Considerando que los estudiantes de la FCQ son los profesionistas del futuro, que llegarán a ser los encargados de aportar decisiones importantes en el desarrollo tecnológico del país, se hace necesario promover la integración de conceptos ecológicos en los programas académicos de la institución. Debido a que, en gran parte de su labor profesional, los egresados de la FCQ se desarrollarán en los diferentes campos de la Química, ellos estarán involucrados en el uso y transformación de todo tipo de sustancias químicas, por lo cual es muy importante sensibilizarlos, a lo largo de su formación, en la urgente necesidad de cuidar el medio ambiente. La capacitación es uno de los instrumentos más importantes para desarrollar los recursos humanos y facilitar la transición hacia un mundo más sostenible, que permita un desarrollo tecnológico armónico con el medio ambiente.

### **3.2 Antecedentes**

La Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León tiene en promedio una población de 2 800 estudiantes, inscritos en las

diferentes carreras que ahí se imparten, distribuidos de la siguiente manera: 53.6% Ingeniero Industrial Administrador, 23.2% Ingeniero Químico, 14.2% Químico Farmacéutico Biólogo y 9.0% Licenciado en Química Industrial. En la División de Estudios Superiores se atiende a unos 300 alumnos en la Escuela de Graduados en Ciencias y unos 2 400 alumnos en la Escuela de Graduados en Administración.

La FCQ cuenta con servicios de: Laboratorio de Servicios Profesionales, Laboratorio de Diagnóstico y Análisis Químico Clínico, Servicios Tecnológicos, Area de Alimentos, además del Area de Toxicología y Medicamentos y múltiples laboratorios de enseñanza de la Química, Física y otras áreas. En el Laboratorio de Investigación Científica se realizan los estudios de doctorado, con especialidad en Ingeniería Cerámica y varias especialidades en Química.

### **3.3 Marco de Referencia**

Los laboratorios de la FCQ se utilizan como marco de referencia para el estudio de los residuos peligrosos, ya que, como parte de sus actividades académicas y de investigación, almacenan, usan y transforman sustancias químicas que generan diversos tipos de residuos, entre los que se incluyen los considerados como residuos peligrosos.

Las sustancias químicas tienen una importancia vital en el mundo moderno; pues se usan en casi cualquier proceso, humano o industrial. Por su naturaleza, ellas pueden interactuar con otras sustancias produciendo la reacción de un material con alguna sustancia en su ambiente (corrosivos); modificar su estructura y cambiar sus propiedades (reactivos); reaccionar violentamente al contacto con oxígeno u otras sustancias (explosivos); estimular la combustión (inflamables); o causar daño a la salud de los seres vivos (tóxicos).

No todas las sustancias químicas son peligrosas ni representan un riesgo para el medio ambiente y la salud de la población, sino sólo aquéllas que poseen propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, inflamables y tóxicas. Tampoco se puede considerar que todos los materiales y sustancias peligrosas pueden ser un riesgo para el ambiente y la salud, ya que su riesgo depende no tan sólo de sus propiedades y de su potencia, es decir de su peligrosidad, sino también y sobre todo, de la magnitud de la exposición, siendo esta última función de la cantidad de las sustancias que entran en contacto con los posibles receptores, así como de la frecuencia y la duración de dicha exposición.

Los residuos peligrosos generados durante las actividades académicas y de investigación de la institución ofrecen riesgo y dificultades cuando el personal que los maneja, o los alumnos y maestros que están en contacto con los mismos, no cuenta con la capacitación ni el entrenamiento adecuado para la identificación, clasificación y manejo de éstos. El problema se multiplica cuando la institución generadora no cuenta con las facilidades de instalaciones adecuadas para el almacenaje temporal, ni el equipo apropiado para el tratamiento de los mismos.

## **CAPITULO 4**

### ***MARCO REGULATORIO SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MEXICO***

#### **4.1 Definición y Clasificación de los Residuos**

En la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Artículo 3o, Fracción XXXI, se define residuo como cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permite usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Por su origen y características, existen tres tipos de residuos: municipales, industriales no peligrosos e industriales peligrosos.



Los residuos municipales son desechos producidos durante el manejo y preparación de alimentos, desechos sólidos combustibles y no combustibles, cenizas, residuos de demoliciones y de construcción así como residuos especiales. En la tabla 4.1 se muestra la clasificación de los residuos municipales.

**Tabla 4.1 Clasificación de residuos municipales**

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
Desechos alimenticios	Residuos de animales, frutas o vegetales resultado del manejo, preparación y cocinado de alimentos. Son putrecibles de fácil descomposición y fermentables
Basura	Desechos sólidos combustibles y no combustibles, excluyendo residuos alimenticios o materiales putrecibles. Los primeros incluyen papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, madera, mobiliario y desechos de jardinería. Los no combustibles consisten en vidrio, cerámica, hojalata, aluminio, metales ferrosos, polvo y desechos de construcción.
Cenizas y residuos	Materiales que permanecen después de quemar madera, carbón, coque y otros materiales combustibles (los residuos de termoeléctricas normalmente no se incluyen en esta categoría). Las cenizas y residuos se componen de polvos finos, escoria y pequeñas cantidades de material parcialmente quemado.
Residuos de demoliciones y construcciones	Se consideran materiales de demoliciones a los residuos de edificios de: rumbados y otras estructuras. Los desechos de construcciones incluyen polvo, piedras, concreto, ladrillo, yeso, maderas, tablillas y restos de artículos de plomería resultado de la construcción, remodelación o reparación de edificios, residencias, comercios o industrias.
Residuos especiales	Desechos producto del barrido de avenidas, acamado de corrales, restos de animales y vehículos abandonados.

Los residuos industriales no peligrosos son todos aquellos derivados de la actividad industrial que incluyen plásticos, cenizas, papel de oficina y cómputo, residuos de construcción y demolición, residuos especiales, etc.

Los residuos peligrosos son todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Las características venenosas e irritantes de los desechos se equiparan con las propiedades de toxicidad del residuo.

#### **4.2 Criterios Para Definir la Peligrosidad de los Residuos**

Los criterios empleados normalmente para definir la peligrosidad de un residuo, son los que a continuación se indican:

1. Por el tipo de fuente.
2. Por el tipo de residuos (con y sin límites de concentración en los componentes peligrosos).
3. Por la lista de componentes potencialmente peligrosos.
4. Por las características relativas a sus propiedades.
5. Por formar parte de más de uno de los criterios mencionados antes.

Para ilustrar lo anterior, vale decir que Alemania aplica el criterio No.1, Dinamarca el No. 2 estableciendo límites de concentración para los componentes peligrosos, a diferencia de Irlanda que no aplica ningún límite de concentración, mientras que Bélgica y Francia aplican el No. 3 e Inglaterra solo toma el criterio No. 4.<sup>15</sup>

Países como EUA, México y Brasil emplean una mezcla de criterios interactuando entre sí e incluye los siguientes: por la fuente generadora, por el tipo de residuos y por las características relativas a sus propiedades.<sup>15</sup>

Para la definición e identificación de los residuos peligrosos en México se aplican los criterios del Código CRETIB, descrito en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, como se muestra en la tabla 4.2.

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) es la responsable de publicar los listados de residuos peligrosos, así como de expedir las normas oficiales mexicanas en las que se regula su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reúso, reciclaje, tratamiento y disposición final. Los residuos potencialmente peligrosos son todos aquellos desechos para los cuales la medición de sus efectos o propiedades no son del

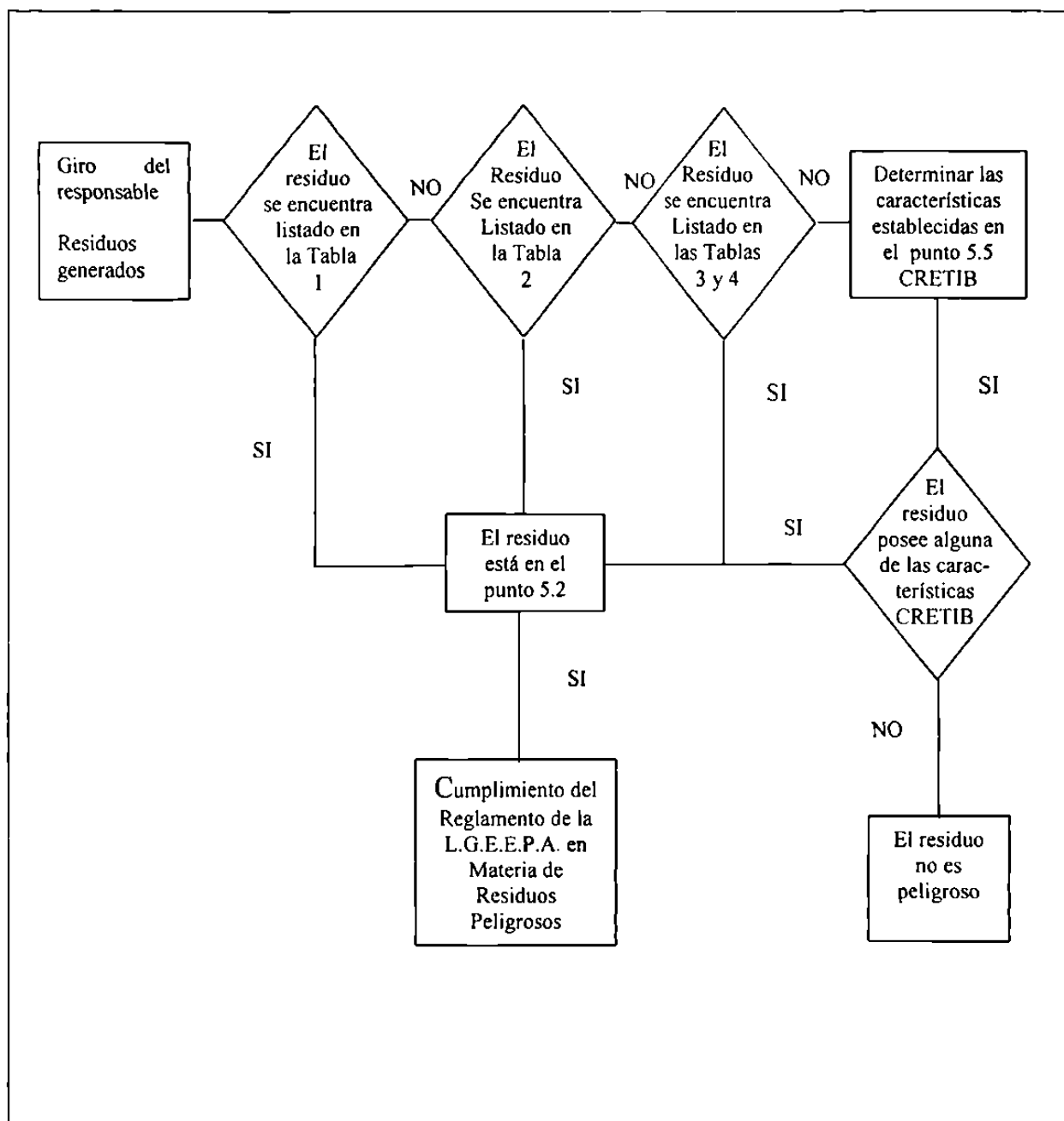
todo confiables, por lo cual, con el fin de prevenir efectos sobre el hombre y su medio ambiente, se encuentran listados como potencialmente peligrosos y su manejo debe ser igualmente regulado.

La Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 en su Anexo 1, describe el diagrama de flujo para la identificación de los residuos peligrosos, como se muestra en la figura 4.1.

### **4.3 Características de los Residuos Peligrosos**

La LGEEPA en el Artículo 3o, Fracción XXXII, define residuos peligrosos como todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológicas infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

La Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, la NOM-052 contiene además los criterios de peligrosidad de los residuos.



**Figura 4.1 Diagrama de flujo para la identificación de los residuos peligrosos**

**Tabla 4.2. Criterios del Código CRETIB de la NOM-052-ECOL-1993**

<i>Característica</i>	<i>Criterio</i>
<b>CORROSIVIDAD</b>	<p>Un residuo se considera peligroso por su corrosividad si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En estado líquido o en solución acuosa presenta un valor de pH sobre la escala menor o igual a 2.0, ó mayor o igual a 12.5</li> <li>• En estado líquido o en solución acuosa y a una temperatura de 55°C es capaz de corroer el acero al carbón (SAE 1 020) a una velocidad de 6.35 milímetros o más por año.</li> </ul>
<b>REACTIVIDAD</b>	<p>Un residuo se considera peligroso por su reactividad, si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En condiciones normales (25°C y 1 atmósfera), se combina o polimeriza violentamente sin detonación.</li> <li>• En condiciones normales (25°C y 1 atmósfera) cuando se pone en contacto con agua en relación (residuo/agua) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.</li> <li>• En condiciones normales (25°C y 1 atmósfera) cuando se pone en contacto con soluciones de pH; ácido (HCl 1.0N) y básico (NaOH 1.0N) en relación (residuo/solución) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.</li> <li>• Posee en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se expone a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5, pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades mayores a 250 mg de HCN/kg de residuo ó 500 mg de H<sub>2</sub>S/kg de residuo.</li> <li>• Es capaz de producir radicales libres</li> </ul>
<b>EXPLOSIVIDAD</b>	<p>Un residuo se considera peligroso por su explosividad si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno</li> <li>• Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y a 1.03 kg/cm<sup>2</sup> de presión.</li> </ul>
<b>TOXICIDAD</b>	<p>Un residuo se considera peligroso por su toxicidad al ambiente si:</p> <p>Cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la NOM-053-ECOL-1993, el extracto PECT de la muestra representativa contiene cualquiera de los constituyentes listados en las tablas 5, 6 y 7 (metales pesados, plaguicidas, compuestos orgánicos volátiles) en concentraciones mayores a los límites señalados.</p>
<b>INFLAMABILIDAD</b>	<p>Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen</li> <li>• Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60°C.</li> <li>• No es líquido pero es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos ( a 25°C y a 1.03 kg/cm<sup>2</sup> de presión)</li> <li>• Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes que estimulan la combustión</li> </ul>
<b>BIOLOGICOS INFECCIOSAS</b>	<p>Un residuo se considera peligroso por ser biológico infeccioso, si presenta cualquiera de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección</li> <li>• Contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos</li> </ul>

#### **4.4 Clasificación de los Residuos Peligrosos**

En la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 los residuos peligrosos se encuentran clasificados como se muestra en la tabla 4.3.

#### **4.5 Métodos de Tratamiento y Disposición Final de los Residuos Peligrosos**

En el Reglamento de la LGEEPA, Artículo 3o., se define al tratamiento como la acción de transformar los residuos, por medio del cual se cambian sus características; y disposición final se define allí como la acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente.

El tratamiento de los residuos peligrosos puede ser por métodos físicos, químicos o biológicos,<sup>11</sup> dependiendo de la naturaleza de los residuos. En la tabla 4.4 se mencionan los más importantes tratamientos dados a los residuos peligrosos.

**Tabla 4.3 Clasificación de residuos peligrosos NOM-052-ECOL-1993**

<p>I. Por giro industrial y proceso</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acabado de metales y galvanoplastia</li> <li>2. Beneficio de metales</li> <li>3. Componentes electrónicos</li> <li>4. Curtiduría</li> <li>5. Explosivos</li> <li>6. Producción de hule</li> <li>7. Materiales plásticos y resinas sintéticas</li> <li>8. Metalmecánica</li> <li>9. Minería</li> <li>10. Petróleo y petroquímica</li> <li>11. Pinturas y productos relacionados</li> <li>12. Plaguicidas</li> <li>13. Preservación de la madera</li> <li>14. Producción de baterías</li> <li>15. Químico farmacéutica</li> <li>16. Química inorgánica</li> <li>17. Química orgánica</li> <li>18. Textiles</li> </ol>
<p>II. Por fuente no específica</p>	<p>Fuentes no específicas</p> <p>Residuos provenientes de hospitales, laboratorios y consultorios médicos</p>
<p>III. Residuos de materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aceites minerales, ácidos, monómeros y anhídridos</li> <li>2. Peróxidos, plastificantes, polioles y varios</li> <li>3. Pigmentos</li> <li>4. Resinas</li> <li>5. Solventes</li> </ol>
<p>IV. Residuos y bolsas o envases de materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ácidos, anhídridos, monómeros y peróxidos</li> <li>2. Secantes, pigmentos y varios</li> <li>3. Resinas</li> <li>4. Solventes</li> <li>5. Residuos de materias primas en la producción</li> <li>6. Residuos del lavado con solventes</li> <li>7. Lodos de destilación de solventes</li> <li>8. Residuos del equipo anticontaminante</li> <li>9. Lodos del tratamiento de aguas residuales</li> <li>10. Lodos de limpieza de gases en equipo de control</li> </ol>
<p>V. Residuos con una o más de las siguientes características</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Corrosividad</li> <li>2. Reactividad</li> <li>3. Explosividad</li> <li>4. Toxicidad</li> <li>5. Inflamabilidad</li> <li>6. Biológico infecciosas</li> </ol>



#### **4.5.1 Tratamiento Físico**

La mayoría de estos procesos son utilizados para el mejoramiento o recuperación de residuos municipales aprovechando características como el tamaño de partícula, el volumen, la capacidad magnética, la conductividad eléctrica y el color, entre otras, para separar los diversos componentes de los residuos.

#### **4.5.2 Tratamiento Químico**

El tratamiento químico cambia las características de los residuos, haciéndolos menos peligrosos, de tal forma que se puede disponer de ellos en rellenos sanitarios o descargarlos a las plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que se involucran cambios en la estructura química de los materiales.

#### **4.5.3 Tratamiento Térmico**

En estos procesos se busca reducir el peso y el volumen de los residuos sólidos. En el caso de residuos peligrosos se utiliza la incineración para eliminar las características tóxicas o biológico-infecciosas de los residuos.

#### **4.5.4 Tratamiento Biológico**

Con el tratamiento biológico de los residuos, se busca modificar las características nocivas de éstos, utilizando microorganismos específicos. Los avances de la ingeniería genética prometen tecnologías muy útiles para estos propósitos.

#### **4.6 Generación de Residuos Peligrosos**

Los residuos peligrosos son generados por el hombre durante la actividad productiva, ya sea industrial, de investigación, comercial, doméstica y de servicios.

Sí, también la basura doméstica contiene una cantidad no cuantificada, pero importante, de pilas, medicamentos, termómetros de mercurio rotos, material de curación, pinturas, barnices, disolventes, restos de insecticidas y otras sustancias químicas potencialmente peligrosas a las que los encargados del manejo y la disposición final de los desechos domésticos no dan el trato adecuado, ya que carecen de la instrucción é infraestructura necesaria para el tratamiento de basuras tóxicas.

**Tabla 4.4 Operaciones, procesos y clases de tratamiento de residuos peligrosos**

<i>Operaciones/Procesos</i>	<i>Funciones a realizar</i>	<i>Tipos de residuos</i>	<i>Estado físico</i>
<b>Tratamiento Físico:</b>			
Aereación	Se	1,2,3,4	L
Remoción de amonio	Vr, Se	1,2,3,4	L
Adsorción con carbono	Vr, Se	1,2,3,4	L, G
Centrifugación	Vr, Se	1,2,3,4,5	L
Diálisis	Vr, Se	1,2,3,4	L
Electrodiálisis	Vr, Se	1,2,3,4,5	L
Encapsulamiento	St	1,2,3,4,6	L, S
Evaporación	Vr, Se	1,2,5	L
Filtración	Vr, Se	1,2,3,4,5	L, G
Floculación/sedimentación	Vr, Se	1,2,3,4	L
Flotación	Vr, Se	1,2,3,4	L
Ósmosis inversa	Vr, Se	1,2,4,6	L
Sedimentación	Vr, Se	1,2,3,4,5	L
Espesamiento	Se	1,2,3,4	L
Lavado con vapor	Vr, Se	1,2,3,4	L
Calcinación	Vr	1,2,5	L
<b>Tratamiento químico:</b>			
Intercambio iónico	Vr, Se, De	1,2,3,4,5	L
Neutralización	De	1,2,3,4	L
Oxidación	De	1,2,3,4	L
Precipitación	Vr, De	1,2,3,4,5	L
Reducción	De	1,2	L
Extracción de solventes	Se	1,2,3,4,5	L
Absorción con carbón	De	1,2,3,4	L
<b>Tratamiento térmico:</b>			
Incineración	Vr, De	3,5,6,7,8	S, L, G
Pirólisis	Vr, De	3,4,6	S, L, G
<b>Tratamiento biológico:</b>			
Lodos activados	De	3	L
Lagunas de aereación	De	3	L
Digestión anaerobia	De	3	L
Filtros anaerobios	De	3	L
Filtros rociadores	De	3	L
Lagunas de estabilización	De	3	L

**Funciones:** Reducir volumen (Vr), Separación (Se), Detoxificación (De), Confinar (St)

**Tipos de residuos:** (1) Compuestos inorgánicos sin metales pesados; (2) Compuestos químicos con metales pesados; (3) Compuestos orgánicos sin metales pesados; (4) Compuestos orgánicos con metales pesados, (5) Radiológicos; (6) Biológicos; (7) Inflamables y (8) Explosivos

El Reglamento<sup>12</sup> de LGEEPA define al generador como la persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos.

Durante el manejo de los residuos peligrosos es muy importante la identificación de los tipos y cantidades generadas en cada fuente, poniendo especial atención en aquéllas donde se producen cantidades considerables de residuos potencialmente peligrosos para el equilibrio ecológico. Actualmente no existe suficiente información sobre el volumen y tipo de residuos que se generan dentro de las comunidades y en varias industrias; sin esta información es difícil desarrollar una base de datos acerca de la generación de residuos y su grado de peligrosidad.

Una situación de riesgo que se presenta durante el manejo de los residuos peligrosos es que al estar éstos en contacto con materiales que se consideran no peligrosos los contaminen, aumentando significativamente el volumen comparado con la cantidad del residuo original, especialmente donde existen materiales absorbentes tales como: papel, trapo, paja, material de acame de animales de experimentación o el suelo hacia el cual el desecho líquido peligroso se ha percolado. En estos casos, los materiales impregnados con residuos peligrosos también deberán ser clasificados como "residuo peligroso".

En nuestro país no está normalizada la clasificación de los generadores. Sin embargo, el Reglamento<sup>12</sup> de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, en su Artículo 6o. establece que las personas físicas o morales, públicas o privadas que con motivo de sus actividades generen residuos, están obligadas a determinar si éstos son peligrosos. Para la determinación de residuos peligrosos deberán realizarse las pruebas y el análisis necesarios conforme a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) correspondientes y se comparará con el listado de residuos peligrosos que expida la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), previa la opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), de Salud, de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP), de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y de la Secretaría de Gobernación (SEGOB). Así también, en la manifestación de impacto ambiental correspondiente deberán señalarse los residuos peligrosos que vayan a generar o manejar con motivo de la realización de la obra o actividades de que se trate, así como las cantidades de los mismos. El Capítulo II del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos establece las obligaciones de los generadores de residuos peligrosos.

El Artículo 8o. del Reglamento de la LGEEPA, en Materia de Residuos Peligrosos, señala que el generador de residuos peligrosos deberá:

- I. Inscribirse en el registro que para tal efecto establezca la SEMARNAP;
- II. Llevar una bitácora mensual sobre la generación de sus residuos peligrosos;
- III. Dar a los residuos peligrosos el manejo previsto en el Reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes;
- IV. Manejar separadamente los residuos peligrosos que sean incompatibles en los términos de las Normas Oficiales Mexicanas respectivas;
- V. Envasar sus residuos peligrosos en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad previstas en este reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes;
- VI. Identificar a sus residuos peligrosos con las indicaciones previstas en este reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas;
- VII. Almacenar sus residuos peligrosos en condiciones de seguridad y en áreas que reúnan los requisitos previstos en el presente reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes;
- VIII. Transportar sus residuos peligrosos en los vehículos que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, bajo

las condiciones previstas en este reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas que correspondan;

- IX. Dar a sus residuos peligrosos el tratamiento que corresponda de acuerdo con lo dispuesto en el reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas respectivas;
- X. Dar a sus residuos peligrosos la disposición final que corresponda de acuerdo con los métodos previstos en el reglamento y conforme a lo dispuesto por las Normas Oficiales Mexicanas aplicables;
- XI. Remitir a la SEMARNAP, en el formato que ésta determine un informe semestral sobre los movimientos que hubiere efectuado con sus residuos peligrosos durante dicho período y;
- XII. Las demás previstas en el reglamento y en otras disposiciones aplicables.

#### **4.7 Manejo de Residuos Peligrosos**

El Capítulo III del Reglamento de la LGEEPA, en Materia de Residuos Peligrosos (ART. 9o. al ART.42), establece las obligaciones de los generadores de residuos peligrosos con respecto al manejo de los mismos.

Artículo 9o.- Para los efectos del reglamento se entiende por manejo el conjunto de operaciones que incluyen el almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos.

Artículo 13.- Establece que el generador de residuos peligrosos podrá contratar los servicios de empresas de manejo de éstos, para cualquiera de las operaciones que comprende el manejo. Estas empresas deberán contar con autorización previa de la Secretaría y serán responsables, por lo que toca a la operación de manejo en la que intervengan, del cumplimiento de lo dispuesto en el reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas que de él se deriven.

Artículo 14.- Para el almacenamiento y transporte de residuos peligrosos, el generador deberá envasarlos de acuerdo con su estado físico, con sus características de peligrosidad, y tomando en consideración su incompatibilidad con otros residuos en su caso, en envases:

- I. Cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad previstas en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, necesarias para evitar que durante el



almacenamiento, operaciones de carga y descarga y transporte, no sufran ninguna pérdida o escape y eviten la exposición de los operarios al residuo, y

- II. Identificados, en los términos de las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, con el nombre y características del residuo.

Artículo 15.- Las áreas de almacenamiento deberán reunir como mínimo, las siguientes condiciones:

- I. Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;
- II. Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;
- III. Contar con muros de contención, y fosas de retención para la captación de los residuos o de los lixiviados;
- IV. Los pisos deberán contar con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con capacidad para contener una quinta parte de lo almacenado;
- V. Contar con pasillos lo suficientemente amplios, que permitan el tránsito de montacargas mecánicos, electrónicos o manuales, así como el movimiento de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia;

- VI. Contar con sistemas de extinción contra incendios. En el caso de hidrantes, éstos deberán mantener una presión mínima de 6 kg/cm<sup>2</sup> durante 15 minutos, y
- VII. Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles.

Artículo 16.- Además de lo dispuesto en el artículo anterior, las áreas de almacenamiento cerradas deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- I. No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida;
- II. Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables;
- III. Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora, y
- IV. Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión.

Artículo 19.- Queda prohibido almacenar residuos peligrosos:

- I. Incompatibles en los términos de la Norma Oficial Mexicana correspondiente;
- II. En cantidades que rebasen la capacidad instalada de almacenamiento,  
y
- III. En áreas que no reúnan las condiciones previstas en los artículos 15 y 16 del reglamento.

Artículo 21.- Los movimientos de entrada y salida de residuos peligrosos del área de almacenamiento deberán quedar registrados en una bitácora. En la bitácora se debe indicar la fecha del movimiento, el origen y el destino del residuo peligroso.

Artículo 22.- La recolección de residuos peligrosos fuera de las instalaciones donde se generen o manejen, así como el transporte de los mismos, deberá realizarse conforme a lo dispuesto en este reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas que al efecto se expidan.

Artículo 23.- Para transportar residuos peligrosos a cualquiera de las instalaciones de tratamiento o de disposición final, el generador deberá adquirir de la Secretaría, previo el pago de los derechos que correspondan por ese concepto, los formatos de manifiesto que requiera para el transporte de sus residuos.

Por cada volumen de transporte el generador deberá entregar al transportista un manifiesto en original, debidamente firmado, y dos copias del mismo.

El transportista conservará una de las copias que le entregue el generador, para su archivo, y firmará el original del manifiesto, mismo que entregará al destinatario, junto con una copia de éste, en el momento en que le entregue los residuos peligrosos para su tratamiento o disposición final.

El destinatario de los residuos peligrosos conservará la copia del manifiesto que le entregue el transportista, para su archivo, y firmará el original, mismo que deberá remitir de inmediato al generador.

El original del manifiesto y las copias del mismo, deberán ser conservadas por el generador, por el transportista y por el destinatario de los residuos peligrosos, respectivamente, conforme a lo siguiente:

- I. Durante diez años en el caso del generador, contados a partir del momento en el que el destinatario entregue al primero el original del manifiesto;
- II. Durante cinco años en el caso del transportista, contados a partir de la fecha en que hubiere entregado los residuos peligrosos al destinatario, y
- III. Durante diez años en el caso del destinatario, contados a partir de la fecha en que hubiere recibido los residuos peligrosos para su disposición final.

En el caso de la fracción III, una vez transcurrido el plazo señalado, el destinatario deberá remitir a la Secretaría la documentación, en la forma en que ésta determine.

El generador debe conservar los registros de los resultados de cualquier prueba, análisis u otras determinaciones de residuos peligrosos durante diez años, contados a partir de la fecha en que hubiere enviado los residuos al sitio del tratamiento o de disposición final.

## **4.8 Legislación Ambiental en Materia de Residuos Peligrosos en México**

La generación, manejo y disposición final de los residuos peligrosos en México están regulados mediante:

### **4.8.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y luego modificada por decreto publicado en el mismo órgano de difusión el 13 de diciembre de 1996. Esta ley sostiene la consideración de que los residuos peligrosos, en cualquier estado físico, representan un peligro para el equilibrio ecológico y para la salud, por lo que en las prácticas elegidas para su clasificación, recolección, almacenamiento, tratamiento y disposición final; deberá procurarse, permanentemente, que sea lo más respetuoso posible al medio ambiente y a la salud de la población.

La LGEEPA se encuentra dividida en seis Títulos y está compuesta por 204 Artículos, más 4 Artículos transitorios.

Dentro del Título Cuarto, Capítulo VI, se halla lo relativo a materiales y residuos peligrosos (artículos del 150 al 153).

Artículo 150.- Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, de Comunicaciones y Transportes, de Marina y de Gobernación. La regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclaje, tratamiento y disposición final.

El Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas, a que se refiere el párrafo anterior, contendrán los criterios y listados que clasifiquen los materiales y residuos peligrosos identificándolos por su grado de peligrosidad y considerando sus características y volúmenes. Corresponde a la Secretaría (SEMARNAP) la regulación y el control de los materiales y residuos peligrosos.

Asimismo la Secretaría, en coordinación con las dependencias a que se refiere el presente artículo, expedirá las Normas Oficiales Mexicanas en las que se

establecerán los requisitos para el etiquetado y envasado de materiales y residuos peligrosos, así como para la evaluación de riesgo e información sobre contingencias y accidentes que pudieran generarse por su manejo, particularmente tratándose de sustancias químicas.

Artículo 151.- La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.

Quienes generen, reúsen o reciclen residuos peligrosos, deberán hacerlo del conocimiento de la Secretaría en los términos previstos en el Reglamento de la presente Ley.

En las autorizaciones para el establecimiento de confinamientos de residuos peligrosos sólo se incluirán los residuos que no puedan ser técnica y económicamente sujetos de reúso, reciclamiento o destrucción térmica o físico



química, y no se permitirá el confinamiento de residuos peligrosos en estado líquido.

**Artículo 151 Bis.- Requiere autorización previa de la Secretaría:**

I.- La prestación de servicios a terceros que tenga por objeto la operación de sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, reúso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos.

II.- La instalación y operación de sistemas para el tratamiento o disposición final de residuos peligrosos, o para su reciclaje cuando éste tenga por objeto la recuperación de energía, mediante su incineración y

III.- La instalación y operación, por parte del generador de residuos peligrosos, de sistemas para su reúso, reciclaje y disposición final, fuera de la instalación en donde se generaron dichos residuos.

Las infracciones a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, a su Reglamento y las disposiciones que de ella emanen, serán sancionadas por la SEMARNAP, mediante multas, clausura o arresto administrativo. Y esta Secretaría podrá revocar las autorizaciones y conceder

plazos para subsanar las infracciones cometidas, imponiendo multas diarias por cada día que transcurra sin obedecer el mandato.

El Artículo 152 establece que la SEMARNAP promoverá programas tendientes a prevenir y reducir la generación de residuos peligrosos, así como a estimular su reúso y reciclaje.

El Artículo 152-Bis dice que cuando la generación o manejo de residuos peligrosos produzca contaminación del suelo, los responsables de las operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo.

Finalmente, el Artículo 153 menciona que la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos se sujetará a las restricciones que establezca el Ejecutivo Federal, de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Comercio Exterior.

#### **4.8.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos**

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos actualmente vigente contiene los ordenamientos que tienen que cumplir las personas físicas o morales que desarrollen actividades donde se involucren residuos peligrosos. Este Reglamento fué publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988.<sup>16</sup>

#### **4.8.3 Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Residuos Peligrosos**

En el Título I, Capítulo II, Artículo 5º de la LGEEPA se establece, entre otras facultades de la federación, la expedición de las Normas Oficiales Mexicanas, que en materia de residuos peligrosos ha llegado a lo siguiente:

##### **NOM-052-ECOL-1993**

Norma Oficial Mexicana que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

**NOM-053-ECOL-1993**

Norma Oficial Mexicana que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

**NOM-054-ECOL-1993**

Norma Oficial Mexicana que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

**NOM-055-ECOL-1993**

Norma Oficial Mexicana que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos excepto de los radiactivos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

**NOM-056-ECOL-1993**

Norma Oficial Mexicana que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

**NOM-057-ECOL-1993**

Norma Oficial Mexicana que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

**NOM-058-ECOL-1993**

Norma Oficial Mexicana que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

**NOM-083-ECOL-1996**

Norma Oficial Mexicana que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1996.

**NOM-087-ECOL-1995**

Norma Oficial Mexicana que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de noviembre de 1995.

Otras Normas Oficiales Mexicanas aprobadas por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental y publicadas en el Diario Oficial de la Federación, que son complementarias a las Normas Oficiales Mexicanas, específicas para el manejo de Residuos Peligrosos son:

NOM-001-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-007-ECOL-1993 sobre la emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo, provenientes del escape de motores nuevos, que usan diesel como combustible y que utilizarán para la propulsión de vehículos automotores, con peso bruto vehicular mayor de 3 857 kilogramos.

NOM-008-ECOL-1993 sobre la opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.

Las principales Normas Oficiales Mexicanas para el manejo de residuos peligrosos, en etapa de elaboración y/o modificación, son las siguientes:

Norma Oficial Mexicana NOM-090-ECOL-1994 que establece los requisitos para la ubicación, diseño, construcción y operación de presas de jales. (Se ha concluido con la revisión final del Proyecto de Norma, para que sea publicado como Norma Oficial Mexicana en el Diario Oficial de la Federación, una vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental así lo determine.

Norma Oficial Mexicana para el Manejo y Aprovechamiento de Solventes Residuales. Está por instalarse el grupo de trabajo que desarrollará el proyecto de Norma.

Proyecto de Norma Oficial Mexicana que regula las instalaciones destinadas al tratamiento térmico de Materiales y Residuos, provenientes de cualquier actividad y sus emisiones al ambiente. El grupo de trabajo que fue creado para formular este proyecto de Norma presentó a fines de diciembre de 1997 la versión final del proyecto de Norma ante el Subcomité para Residuos Municipales, Peligrosos y Sustancias Químicas, quien lo aprobó, determinando que fuera presentado ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, para solicitar su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Proyecto de Norma Oficial Mexicana que establece las técnicas de muestreo y el manejo de las muestras para su análisis, con el objeto de determinar su

peligrosidad (el grupo de trabajo se encuentra desarrollando el proyecto de Norma).

Norma Oficial Mexicana que establece los procedimientos para la restauración de sitios contaminados y la limpieza de sistemas de saneamiento contaminados (está por instalarse el grupo de trabajo que desarrollará el proyecto de Norma).

Proyecto de Norma Oficial Mexicana que establece los requisitos para el Manejo y Disposición de Lodos provenientes de Plantas de Tratamiento (está por instalarse el grupo de trabajo que desarrollará el proyecto de Norma).

NOM-101-ECOL-1996 Norma Oficial Mexicana que establece los requisitos y especificaciones para el manejo de lubricantes usados (está por ser publicada como proyecto de Norma Oficial Mexicana).

Norma Oficial Mexicana que establece los "Requerimientos Generales para el Manejo de Bifenilos Policlorados o BPC's" (está listo el documento que será discutido en el seno del grupo de trabajo).

El transporte de residuos peligrosos es un asunto que se revisa y discute enseguida.



#### **4.8.4 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.**

El transporte de los residuos peligrosos se hará de acuerdo con el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de Abril de 1993, modificado por decreto publicado en el mismo órgano de difusión el 14 de octubre de 1996.

#### **4.8.5 Normas Oficiales Mexicanas para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos.**

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha publicado una serie de Normas Oficiales Mexicanas, relacionadas con el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

##### **NOM-002/SCT2-1994**

Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados. Tablas: 1, 2, 3, 4, 5, 6

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 1995.

**NOM-003/SCT2-1994**

Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de agosto de 1995.

**NOM-004/SCT2-1994**

Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 1995.

**NOM-005/SCT2-1994**

Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de julio de 1995.

**NOM-006/SCT2-1994**

Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de agosto de 1995.

**NOM-007/SCT2-1994**

Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de agosto de 1995.

**NOM-EM-008/SCT2-1995**

Disposiciones para efectuar la inspección de equipo de arrastre ferroviario asignado al transporte de materiales y residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de septiembre de 1995.

**NOM-009/SCT2-1994**

Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de agosto de 1995.

**NOM-010/SCT2-1994**

Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de septiembre de 1995.

#### **NOM-011/SCT2-1994**

Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de septiembre de 1995. Aclaración el 12 de agosto de 1996.

#### **NOM-018/SCT2-1994**

Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de agosto de 1995.

#### **NOM-019/SCT2-1994**

Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de septiembre de 1995.

**NOM-020/SCT2-1995**

Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos. Especificaciones SCT 307 y SCT 312.

Proyecto de Norma Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de agosto de 1996.

**NOM-021/SCT2-1994**

Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos “disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos”

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de septiembre de 1995.

**NOM-023/SCT2-1994**

Para el transporte de materiales y residuos peligrosos. “Información técnica que debe contener la placa que portarán los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel (rig) y envases de capacidad mayor a 450 litros que transportan materiales y residuos peligrosos”.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de septiembre de 1995.

**NOM-024/SCT2-1994**

Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos "especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de septiembre de 1995.

**NOM-025/SCT2-1994**

Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos "disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos".

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de septiembre de 1995.

**NOM-027/SCT2-1994**

Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de octubre de 1995.

**NOM-028/SCT2-1994**

Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de octubre de 1995.

**NOM-029/SCT2-1994**

Especificaciones para la construcción y reconstrucción de recipientes intermedios para graneles (rig).

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1995.

**NOM-032/SCT2-1995**

Norma Oficial Mexicana, para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de materiales de las clases 3,4,5,6,7,8 y 9

Proyecto de Norma Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de agosto de 1996.

**NOM-043/SCT2-1994**

Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.  
"Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos."

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de octubre de 1995.

#### Proyecto NOM-046/SCT2-1995

Características y especificaciones para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados a presión no refrigerados.

#### Proyecto NOM-045/SCT2-1994

Características generales de las unidades de arrastre ferroviario asignadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.

#### NOM-051/SCT2-1995

Especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosas de la división 6.2 Agentes Infecciosos.

Proyecto de Norma Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de agosto de 1996.

Además de los elementos de la estructura jerárquica, descritos con anterioridad, existen otros publicados por la autoridad en materia ambiental relacionados directamente con el cumplimiento que tanto los generadores como los prestadores de servicio deben atender para informar sobre los movimientos que llevan a cabo entre sí con residuos peligrosos. Estos



ordenamientos consisten básicamente de manifiestos y reportes que deben ser presentados por los generadores de residuos peligrosos, o bien por aquellos dedicados al manejo de los mismos. Estos documentos son:

- **Manifiesto para empresas generadoras de residuos peligrosos (DOF 3 de mayo de 1989). Gaceta Ecológica No. 2.**
- **Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos (DOF 3 de mayo de 1989) Gaceta Ecológica No. 2.**
- **Manifiesto para casos de derrame de residuos peligrosos por accidente (DOF 3 de mayo de 1989) Gaceta Ecológica No. 2.**
- **Reporte semestral de residuos peligrosos recibidos para reciclaje o tratamiento (DOF 3 de mayo de 1989) Gaceta Ecológica No. 2.**
- **Reporte mensual de residuos peligrosos confinados en sitios de disposición final (DOF 3 de mayo de 1989) Gaceta Ecológica No. 2.**
- **Reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su reciclaje, tratamiento, incineración o confinamiento (DOF 3 de mayo de 1989) Gaceta Ecológica No. 2.**

- Manifiesto para empresas generadoras eventuales de bifenilos policlorados Gaceta Ecológica No. 11 (Noviembre 1990).

En resumen: Las consecuencias de una insuficiente protección del ambiente en México han resultado en fecha reciente en una legislación ambiental mejorada. Para poner en práctica estas disposiciones legales y normas en las condiciones actuales de las cargas ambientales y aumentar el involucramiento de México en los acuerdos y mercados internacionales, es necesario contar con una fuerza laboral en número suficiente instruida con los conocimientos, la capacidad y la experiencia en lo que se refiere al ambiente. Esto es particularmente evidente en los problemas del manejo de residuos peligrosos y de ello no se hallan exentas las universidades y centros de investigación del país.

## **CAPITULO 5**

### ***MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS, U. A. N. L.***

#### **5.1 Método Experimental**

La elaboración del presente trabajo y la obtención de la información necesaria para el desarrollo del mismo se realizó de acuerdo con el siguiente procedimiento:

El universo de estudio lo forman los laboratorios de la FCQ, que como parte de sus actividades académicas y de investigación, usan y transforman sustancias químicas que generan diversos tipos de residuos, entre los que se incluyen los considerados como residuos peligrosos. Con base en esta definición, se procedió a compilar la información necesaria para la integración de este universo.

Se encontró que los Departamentos de la FCQ que tienen laboratorios son los de: Química Inorgánica, Química Orgánica, Química Analítica, Química Industrial, Ingeniería Química, Fisicoquímica, Microbiología, Farmacología. Las áreas de Servicios Profesionales y Análisis Clínicos no se incluyen en el presente estudio.

Con el marco muestral establecido, se procedió a recopilar la información necesaria para establecer con precisión los elementos de juicio, de acuerdo con los criterios contenidos en la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL-1993.

Se procedió a identificar a los elementos del universo definido que son generadores de residuos peligrosos. Se identificó la información disponible, actualizada, del manejo de los residuos considerados peligrosos, analizando datos de Febrero de 1996 a Diciembre de 1998, considerando períodos de cuatro meses de actividades académicas en laboratorios, por cada semestre escolar.

Se procedió luego a obtener información directa de maestros y estudiantes de la FCQ con relación a la identificación, manejo y disposición final de los

residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio y actividades de investigación.

Finalmente, se comparó la información obtenida con respecto a la generación, manejo y disposición final de los residuos generados en los laboratorios de la FCQ frente a la normatividad existente en materia de residuos peligrosos.

## **5.2 Situación Actual de los Residuos Peligrosos en la FCQ**

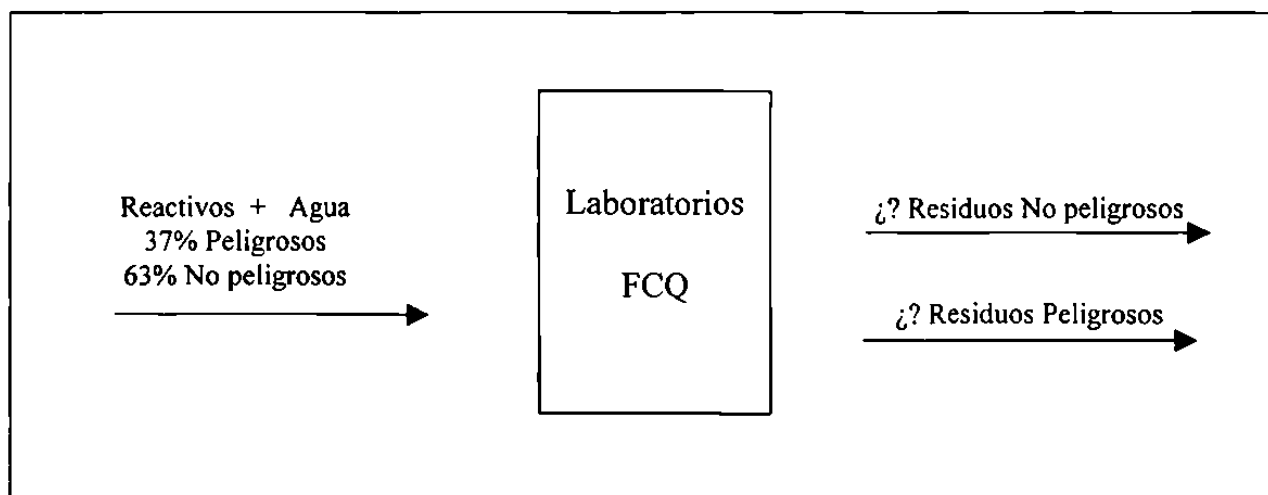
### **5.2.1 Generación**

No todos los laboratorios de la Facultad utilizan sustancias químicas durante sus actividades, identificándose que el 80% de ellos requiere de reactivos considerados peligrosos y, que por consecuencia, generan residuos peligrosos.

Un promedio de 560 sustancias químicas diferentes se utilizan durante el desarrollo de las prácticas, de las cuales: el 10% aparece en la NOM-052-ECOL-1993, y/o en los Listados de Sustancias de Actividades Altamente Riesgosas (el 11.5% ) y/o en la NOM-054-ECOL-1993 (el 30%). En general se

encontró que el 37% de los reactivos utilizados son considerados peligrosos.

La figura 5.1 muestra esquemáticamente este balance aún inconcluso.



**Figura 5.1 Balance de sustancias químicas en los laboratorios de la FCQ**

No es posible cuantificar el número de sustancias químicas que resultan de la actividad de los laboratorios, ya que durante el proceso suceden un gran número de reacciones químicas que modifican las características de los reactivos. Sin embargo, algunos conservan su condición de peligrosos y en otros, no se descarta que pasan de no peligrosos a peligrosos.

### **5.2.2 Tratamiento**

Los desechos generados durante la actividad en los laboratorios son los excedentes de reactivos usados en las prácticas y los residuos producidos de los diferentes procesos de transformación que sufren las sustancias químicas involucradas en éstos.

El tratamiento que generalmente se sigue con los desechos consiste en diluir o neutralizar las soluciones ácidas y las básicas a un pH de 6 a 8, para depositarlas en el colector que para el efecto cuenta cada laboratorio (ver lámina 1), como parte del sistema de etiquetado de la FCQ.

### **5.2.3 Manejo**

Desde hace algún tiempo, en la Facultad se implantó un sistema de clasificación de los residuos producidos durante la actividad académica, el que ofrece a los alumnos la alternativa de colocar los residuos que consideren peligrosos en colectores colocados en el área de trabajo y no mandar todo al drenaje.

A este sistema se le llama "Sistema de Etiquetado" y consiste en lo siguiente:

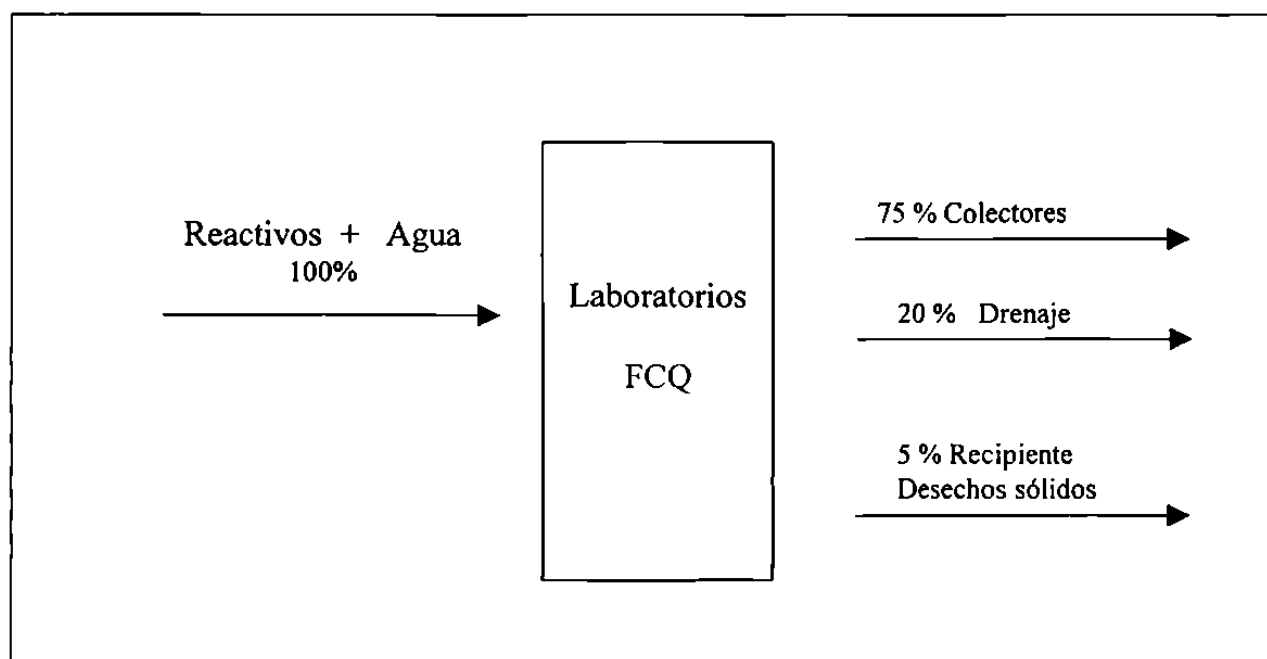
- 1 En un lugar del área de trabajo se pueden localizar 10 colectores etiquetados como: A, B, C, D, E-I, E-O, F, G, H, CN.

<b>Colector</b>	<b>Contenido</b>
A	Solución salina pH 6-8, sales inorgánicas, ácidos y bases inorgánicos, ácidos orgánicos
B	Sólidos inorgánicos, sales inorgánicas, no tóxicos
C	Tóxicos e inflamables, soluciones orgánicas no halogenados, bases orgánicas y aminas, solventes orgánicos no halogenados
D	Tóxicos e inflamables, solventes orgánicos halogenados, combinaciones orgánicas halogenadas, bases orgánicas y aminas
E-I	Muy tóxico, cancerígeno, inorgánico
E-O	Muy tóxico, cancerígeno, orgánico
F	Reciclo, sales de metales preciosos
G	Combinaciones orgánicas sólidas
H	Oxidantes
CN	Residuos con cianuros

- 2 En los instructivos de prácticas de laboratorio se indica la letra del colector en el que se debe colocar el residuo obtenido.
- 3 Periódicamente se cambian los colectores usados por otros vacíos.
- 4 Los residuos de los colectores se colocan en un almacén temporal, (ver lámina 2) hasta que son enviados a confinamiento.



Como ya se indicó, no es posible cuantificar el número de sustancias químicas que resultan de la actividad de los laboratorios, porque durante el proceso suceden un gran número de reacciones químicas que modifican las características de los reactivos, además de que durante el manejo de las sustancias peligrosas en el laboratorio éstas están en contacto con las no peligrosas, contaminándolas. Tratando de hacer un balance de sustancias que entran a los laboratorios y las sustancias que salen de los mismos, se consideraron los volúmenes de sustancias depositadas en los colectores de residuos peligrosos, como se muestra esquemáticamente en la figura 5.2.



**Figura 5.2 Balance (peso-volumen) de sustancias químicas en los laboratorios de la FCQ**

#### **5.2.4 Disposición Final**

El contenido de los colectores colocados en cada área de trabajo de los laboratorios de la facultad (ver lámina 1) se recoge periódicamente en depósitos de mayor tamaño, se determina el pH, se neutraliza según el caso, se identifica mediante etiquetas y se coloca en un almacén temporal (ver lámina 2) hasta que se hace la disposición de desechos peligrosos.

En el almacén de residuos peligrosos se les prepara para su disposición final clasificándolos de acuerdo a sus características, empacándolos adecuadamente en recipientes de mayor tamaño (ver láminas 3 y 4), para que sean trasladados por la compañía contratada para su transporte hasta el sitio de confinamiento.

**Lámina 1**   **Colectores ubicados en el área de trabajo de los laboratorios de la FCQ**



**Lámina 2 Almacén temporal de residuos peligrosos**



## **CAPITULO 6**

### ***RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACION DE CUESTIONARIOS***

#### **6.1 Alumnos**

Con el propósito de conocer el grado de conocimiento de los alumnos con respecto al manejo de los residuos peligrosos, se aplicó el cuestionario que se muestra en el cuadro 6.1 a una muestra del 40% del total de la población de la FCQ, obteniendo los resultados que se muestran ordenados por carrera en la tabla 6.1 y ordenados por semestre, sin importar la carrera en la tabla 6.2.

##### **6.1.1 Análisis de los Resultados de la Encuesta Aplicada a los Alumnos**

Los residuos tienen diferentes finales y pueden ser: tirados al drenaje, darles algún tratamiento o colocarlos en un depósito especial; por eso hay respuestas

**Cuadro 6.1 Cuestionario aplicado a los alumnos**

- 
1. Semestre que estas cursando  
1 2 3 4 5 6 7 8 9
2. Carrera \_\_\_\_\_
3. Sexo:  Masculino  Femenino
4. ¿Qué haces con los residuos peligrosos generados en el desarrollo de tus prácticas de laboratorio?
- Los tiras al drenaje  
 Les das algún tratamiento  
 Los colocas en un depósito especial
5. ¿La F. C. Q. tiene algún programa para el tratamiento de los residuos peligrosos generados en sus laboratorios?
- Si  No  No sabe
6. ¿Conoces las características para considerar a un residuo peligroso?
- Si  No  No sabe
7. Señala las características que identifican a un residuo como peligroso
- a) Inflamable, corrosivo, Tóxico  
 b) Reactivo, explosivo, infeccioso  
 c) Denso, concentrado, volátil  
 d) Líquido, insoluble, oxidante
8. ¿Conoces cuál es el sistema de etiquetado que se lleva en la F. C. Q.?
- Si  No  No sabe
9. ¿Conoces cuál es la disposición final de los residuos peligrosos generados en los laboratorios de la F. C. Q.?
- Si  No
- 

en cada caso, pero el 89.3 % de los alumnos deposita sus residuos en los depósitos especiales.

El 56.3 % de alumnos no conocen que la FCQ tiene un Programa para la disposición de los residuos peligrosos generados durante las prácticas en los laboratorios.

Solo el 36.5% de la población conoce las características de los residuos para identificarlos como peligrosos.

**Tabla 6.1 Resultados encuesta aplicada a los alumnos % por carrera**

<i>Preg.#</i>	<i>Respuesta</i>	<i>I.Q.</i>	<i>I.I.A</i>	<i>Q.F.B.</i>	<i>L.Q.I</i>	<i>TOTAL</i>
		%	%	%	%	%
1	1	5.3	1.7	8	8.2	6.2
	2	41.3	30.5	24	23.3	29.3
	3	9.3	13.6	11	9.6	10.7
	4	12	32.2	29	9.6	20.8
	5	10.7	3.4	0	10.9	5.8
	6	8	1.7	12	12.3	9.1
	7	8	10.2	11	17.8	11.7
	8	4	6.8	5	6.8	5.5
	9	1.3	0		1.4	0.7
2	Carrera					
3	Masculino	66.7	57.6	40	47.9	51.8
	Femenino	33.3	42.4	60	52.1	48.2
4	Al drenaje	6.7	16.9	9	5.5	9.1
	Tratamiento	1.3	5.1	1	0	1.6
	Depósito especial	92	77.9	90	94.5	89.3
5	Si	38.7	28.8	66	58.9	50.5
	No	9.3	11.9	7	15.1	10.4
	No sabe	52	59.3	27	26	39.1
6	Si	65.3	59.3	84	86.3	75.2
	No	18.7	20.3	8	6.8	12.7
	No sabe	16	20.3	9	6.8	12.4
7	a)Inf. Corr. Tóxico	42.7	44.1	46	43.8	44.3
	b)React. Exp. Inf.	9.3	20.3	5	5.5	9.1
	c)Den. Conc. Volátil	5.3	1.7	0	0	1.6
	d)Liqu. Insol. Oxid.	8	10.2	10	5.5	8.5
	a) y b)	34.7	23.7	39	45.2	36.5
8	Si	44	35.6	48	43.8	43.6
	No	33.3	30.5	30	35.6	32.2
	No sabe	22.7	33.9	22	20.5	24.1
9	Si	20	8.5	46	37	30.3
	No	80	91.5	54	63	69.7



**Tabla 6.2 Resultados de la encuesta aplicada a los alumnos (todas las carreras) % totales por semestre**

Preg. #	Respuesta	1o	2o	3o	4o	5o	6o	7o	8o	9o
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
4	Al drenaje	0	11.1	7	3.1	11.1	3.5	11.1	11.8	0
	Tratamiento	0	0	0	3.1	5.5	0	5.6	0	0
	Depósito especial	100	88.8	26	93.8	83.3	96.4	83.3	88.2	100
5	Si	21	50	17	53.1	55.5	60.7	44.4	70.6	0
	No	10.5	8.8	5	7.8	11.1	7.1	19.4	0	50
	No sabe	68.4	41.1	11	39.1	33.3	32.1	36.1	29.4	50
6	Si	57.9	70	27	75	72.2	75	86.1	88.2	100
	No	10.5	11.1	6	10.9	22.2	17.9	5.6	11.8	0
	No sabe	31.6	18.9	0	14.1	5.5	7.1	8.3	0	0
7	a)Inf. Corr. Tóxico	63.2	44.4	18	26.6	50	39.3	52.8	58.8	0
	b)Reac Exp. Inf	0	10	3	10.9	11.1	10.7	8.3	5.9	0
	c)Den Conc. Vol.	5.3	2.2	0	3.1	0	0	0	0	0
	d)Liq. Insol. Oxid.	10.5	10	12.1	4.7	0	17.9	2.8	11.8	0
	a) y b)	21	33.3	24.2	54.7	38.9	32.1	36.1	23.5	100
8	Si	10.5	41.1	48.5	50	44.4	39.3	52.8	52.9	0
	No	42.1	28.9	36.4	20.3	33.3	53.6	33.3	35.5	50
	No sabe	47.4	30	15.2	29.7	22.2	7.1	13.7	11.8	50
9	Si	15.8	27.8	30.3	34.4	33.3	28.6	36.1	29.4	50
	No	84.2	72.2	69.7	65.6	66.6	71.4	63.9	70.6	50

## **6.2 Maestros**

Con el propósito de conocer la situación con respecto al manejo de los residuos peligrosos, se aplicó el cuestionario que se muestra en el cuadro 6.2 a una muestra del 60 % del total de maestros que acuden a prácticas de laboratorio en la FCQ.

### **6.2.1 Análisis de los Resultados de la Encuesta Aplicada a los Maestros**

Como se puede observar en la tabla 6.3, el 85 % de los maestros con actividad en los laboratorios conocen que la FCQ tiene un Programa para la disposición de los residuos peligrosos generados durante las prácticas en los laboratorios.

El 92 % de los maestros conoce las características de los residuos para identificarlos como peligrosos.

La situación que se presenta como problema en el manejo de los residuos es que los colectores destinados para los considerados peligrosos son de tamaño inadecuado.

## Cuadro 6.2 Cuestionario aplicado a los maestros

- |   |  |
|---|--|
| <p>1. ¿Cuál es su grado académico?</p> <p><input type="checkbox"/>Licenciatura                      <input type="checkbox"/>Maestría<br/> <input type="checkbox"/>Doctorado                      <input type="checkbox"/>Otros</p>  | <p>5. ¿Conoce el sistema de etiquetado que se lleva en la F. C. Q.?</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/>Si                      <input type="checkbox"/>No</p>  |
| <p>2. Señale el Area a que pertenece el (los) laboratorio(s) en que imparte prácticas.</p> <p><input type="checkbox"/> Farmacología<br/> <input type="checkbox"/> Físicoquímica<br/> <input type="checkbox"/> Ingeniería Química<br/> <input type="checkbox"/> Microbiología<br/> <input type="checkbox"/> Q. Analítica<br/> <input type="checkbox"/> Q. Orgánica<br/> <input type="checkbox"/> Q. Industrial<br/> <input type="checkbox"/> Q. Inorgánica<br/> <input type="checkbox"/> Otras</p> | <p>6. ¿Conoce usted cuál es la disposición final de los residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las prácticas en los laboratorios de la F. C. Q.?</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/>Si                      <input type="checkbox"/>No</p> |
| <p>3. ¿La F.C.Q. tiene algún programa para el tratamiento de los residuos peligrosos generados en sus laboratorios?</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/>Si                      <input type="checkbox"/>No</p>   | <p>7. ¿Han surgido problemas con el manejo de los residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las prácticas?</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/>Si                      <input type="checkbox"/>No</p>  |
| <p>4. Señale las características que identifican a un residuo como peligrosos</p> <p><input type="checkbox"/> Inflamable, corrosivo, tóxico<br/> <input type="checkbox"/> Reactivo, explosivo, infecciosos<br/> <input type="checkbox"/> Denso, concentrado, volátil<br/> <input type="checkbox"/> Líquido, insoluble, oxidante</p>   | <p>8. Por favor, menciónelos.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>   |
|   | <p>9. ¿Tiene alguna sugerencia para el manejo de los residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las prácticas?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>  |

**Tabla 6.3 Resultados de la encuesta aplicada a los maestros de laboratorio**

<i>#Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>	<i>Total %</i>
1	Licenciatura	41
	Maestría	44
	Doctorado	15
	Otros	
2	Farmacología	12
	Fisicoquímica	5
	Ingeniería Química	2
	Microbiología	10
	Química Analítica	15
	Química Orgánica	22
	Química Industrial	5
	Química Inorgánica	22
	Otras	7
3	Si	85
	No	12
	No se	3
4	a) Inflamable, corrosivo, tóxico	92
	b) Reactivo, explosivo, inflamable	92
	c) Denso, concentrado, volátil	2
	d) Líquido, insoluble, oxidante	4
	a) y b)	92
5	Si	78
	No	22
6	Si	70
	No	30
7	Si	25
	No	75
8	Colectores saturados o inadecuados	25

## **CAPITULO 7**

### ***CONCLUSIONES***

La situación actual de los residuos peligrosos en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León es la siguiente: reciben una atención especial en la que se observa que como generador de residuos peligrosos cumple parcialmente con lo dispuesto en el Reglamento de la LGEEPA, en Materia de Residuos Peligrosos.

Hay un alto porcentaje de alumnos que no saben que la FCQ tiene un programa para el manejo adecuado de los residuos peligrosos generados durante sus prácticas de laboratorio.

Menos del 40% de los estudiantes puede identificar las características que hacen peligrosa a una sustancia.

Al no identificar los estudiantes las características de los residuos peligrosos, no hacen la disposición adecuada de éstos en el programa con que cuenta la FCQ.

Siendo la FCQ una institución en donde se maneja una gran variedad de sustancias químicas, no se cuenta con las Hojas de Datos de Seguridad de éstas, que recomienda la NOM-009-STPS-1994. El cuadro 8.2 muestra la información que debe contener la Hoja de Datos de Seguridad de cada uno de los reactivos que se manejan en la FCQ.

Un alto porcentaje de los maestros con actividad en los laboratorios ya está familiarizado con el Programa para la disposición de los residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las prácticas, sin embargo, debería de ser la totalidad, puesto que son los responsables ante los alumnos de la correcta disposición de los desechos de su actividad académica.

El 92 % de los maestros conoce las características de los residuos para identificarlos como peligrosos.

La situación que se presenta como problema en el manejo de los residuos es que los colectores destinados para los residuos peligrosos son de tamaño inadecuado.

## CAPITULO 8

### ***RECOMENDACIONES Y DOCUMENTACION DE APOYO***

El desarrollo de este trabajo tuvo su origen en un problema existente en las instituciones de educación superior, en el área de Química. Ellas tienen el compromiso de formar profesionistas egresados de las carreras relacionadas con la química, que sean capaces no sólo de tener los conocimientos más recientes sobre su especialidad, sino también que estén conscientes de la necesidad urgente de proteger el ambiente y que, además, conozcan las técnicas y la normatividad nacional e internacional relacionada con la clasificación, manejo y disposición final de los residuos peligrosos. Esta formación deberá repercutir en la industria o en el sector en que los involucre su vida profesional, ya sea en niveles operativos o de toma de decisiones.

#### **8.1 Recomendaciones**

Con el propósito de contribuir en algo a la solución de los problemas planteados, se propone lo siguiente:



1. Implantar en cada uno de los lugares de generación de residuos peligrosos, un programa integral de manejo de residuos; que controle, desde el primer eslabón en la cadena del manejo: la identificación y separación en los lugares propios de generación, hasta el último eslabón, la disposición final y que se cumpla así el propósito de garantizar un manejo adecuado de los residuos y promover en los alumnos una cultura de la importancia de identificar y manejar adecuadamente los residuos peligrosos. Consistente en:

Indicaciones específicas en los Instructivos de Prácticas de Laboratorio, respecto a qué hacer con los residuos de cada reacción que se realiza.

Como ejemplo de lo anterior, se elaboraron las Hojas de Registro de Ruta de Residuos para los Laboratorios de Química Inorgánica I y II que se presentan en el punto 8.2.1

2. El lugar dispuesto para depositar los residuos peligrosos durante el semestre, en espera de la disposición final, no cumple con las condiciones establecidas por el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos, por lo que se propone el Diseño de un Almacén Temporal de Residuos Peligrosos, que se presenta en el punto 8.2.2.

3. Para evitar riesgos se recomienda que se realice una disposición semestral de residuos peligrosos.
  
4. Siendo la FCQ una institución que por su quehacer almacena y maneja una gran cantidad de sustancias químicas como reactivos, productos y residuos, es necesario que se cuente con las Hojas de Datos de Seguridad de sustancias químicas peligrosas y potencialmente peligrosas, que son utilizadas. En el punto 8.2.3 del presente capítulo se presentan los requisitos que marca la NOM-114-STPS-1994 para tal efecto.
  
5. Hacer una mejor selección de los recipientes que se usan como colectores en las diferentes áreas de trabajo de los laboratorios, con un tamaño mas adecuado e identificados correctamente.
  
6. En el lugar del área de trabajo de cada laboratorio, donde se encuentran los colectores etiquetados, colocar letreros visibles con la descripción del contenido de cada uno de los recipientes.

7. Dar difusión al Programa de Manejo de Residuos Peligrosos de la FCQ entre todos los alumnos desde el primer semestre de su carrera.
  
8. El método y los cuestionarios del presente trabajo pueden ser utilizados en otras instituciones análogas a la FCQ.

## **8.2 Documentación de Apoyo**

### **8.2.1 Hoja de Registro de Ruta de Residuos**

Con el propósito de implementar un operativo práctico para conocer la ruta de las sustancias químicas que entran y salen durante las actividades académicas de los laboratorios de la FCQ, se analizaron los instructivos de prácticas de los Laboratorios de Química Inorgánica I y II, para seleccionar algunas de ellas y proceder a diseñar un formato para conocer el origen y la cantidad de residuos generados por cada sesión de prácticas, que se presenta a continuación.

Hoja de Registro de Ruta de Residuos

Laboratorio de Química Inorgánica I <b>Práctica No. 2</b> Cambio físico, cambio químico y tipos de reacciones	<b>LQI</b>	Fecha	Nombre y firma del maestro
---	------------	-------	----------------------------

Reactivos	Productos	Volumen/Equipo	C o l e c t o r														
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Drenaje	D. Sólidos			
Acido benzoico	Acido benzoico		X														
Cloruro de sodio	Cloruro de sodio																X
HCl + Zn	ZnCl <sub>2</sub> + H <sub>2</sub>																X
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + CaCl <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub> + NaCl																X
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + HCl	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + NaCl																X
Mg	MgO																X
NH <sub>4</sub> Cl + NaOH	NH <sub>4</sub> OH + NaCl																X
Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + Cu	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + Hg							X									
BaCl <sub>2</sub> + K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	BaCrO <sub>4</sub> + KCl							X									
KMnO <sub>4</sub> + HCl	MnCl <sub>2</sub> + KCl + H <sub>2</sub> O							X									
NaCl + AgNO <sub>3</sub>	AgCl + NaNO <sub>3</sub>								X								
Azucar + C <sub>activado</sub>	C <sub>act</sub> (s) + Sol'n de Azucar																X
Volumen del recipiente/Sesión (mL)																	
OBSERVACIONES:																	
.																	
Número de alumnos por equipo de trabajo																	

Hoja de Registro de Ruta de Residuos

Laboratorio de Química Inorgánica I <b>Práctica No. 3</b> Preparación de disoluciones en unidades físicas	<b>LQI</b>	Fecha: _____	Nombre y firma del maestro : _____
---	------------	--------------	------------------------------------

Reactivos	Productos	Volumen/Equipo	Colector														
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Drenaje	D. Sólidos			
NaOH 5% P/V (*)																	
CaCl <sub>2</sub> 8% P/V (*)																	
HCl 10% P/V (*)																	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 5% P/V (*)																	
NaCl 8% P/V																	X
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> 0.25% P/V								X									
Volumen del recipiente/Sesión (mL)																	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

Número de alumnos por equipo de trabajo: \_\_\_\_\_

Las soluciones marcadas con (\*) se depositan en un solo recipiente, se neutralizan según la reacción ácida o básica que presenten al papel tornasol ya mezcladas y se tiran al drenaje.

Hoja de Registro de Ruta de Residuos

Laboratorio de Química Inorgánica I	Nombre y firma del maestro :
<b>Práctica No. 4</b>	Fecha:
<b>LQI</b>	
Preparación de disoluciones en unidades químicas	

Reactivos	Productos	Volumen/Equipo	Colector														
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Drenaje	D. Sólidos			
BaCl <sub>2</sub> 0.1 M							X										
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> 0.1 M							X										
NaCl 0.1 M																X	
HNO <sub>3</sub> 0.1 M	Neutralizar con NaOH															X	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.1 M	Neutralizar con NaOH															X	
HCl 0.1 M	Neutralizar con NaOH															X	
CuSO <sub>4</sub> 0.5 M							X										
NaCl 0.5 M																X	
Azucar 0.5 M																X	
KMnO <sub>4</sub> 0.01 M													X				
Volumen del recipiente/Sesión (mL)																	

OBSERVACIONES:

Número de alumnos por equipo de trabajo:

Las soluciones marcadas con (\*) se depositan en un solo recipiente, se neutralizan según la reacción ácida o básica que presenten al papel tornasol ya mezcladas y se tiran al drenaje.

**Hoja de Registro de Ruta de Residuos**

Laboratorio de Química Inorgánica I <b>Práctica No. 5</b> Operaciones y técnicas de laboratorio	<b>LQI</b>	Fecha: _____  Nombre y firma del maestro : _____
---	------------	--

Reactivos	Productos	Vol./Eq.	C o l e c t o r														
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Drenaje	D. Sólidos			
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + NaCl	PbCl <sub>2</sub> + NaNO <sub>3</sub>						X										
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	PbCrO <sub>4</sub> + KNO <sub>3</sub>						X										
NaCl + C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH																X	
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	PbSO <sub>4</sub> + HNO <sub>3</sub> (Neutr)						X										
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + BaCl <sub>2</sub>	BaSO <sub>4</sub> + HCl (Neutr)						X										
NaCl + Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> + HNO <sub>3</sub> +																	
AgNO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> OH	AgCl + Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> +																
	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O (Neutr)								X								
I <sub>2</sub> + Cloroformo								X									
NH <sub>4</sub> Cl + KCl + NaOH	NH <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O + KCl (Neutr)															X	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Neutr)														X		
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +																	
líter + H <sub>2</sub> O	CrO <sub>3</sub> + K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O +																
	Cr <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (Neutr)													X			
FeCl <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> SCN	Fe(SCN) <sup>2-</sup> + NH <sub>4</sub> Cl (Neutr)															X	
Volumen del recipiente/Sesión (mL)																	

<b>OBSERVACIONES:</b>
Número de alumnos por equipo de trabajo:





OBSERVACIONES:
Número de alumnos por equipo de trabajo:
(*) Entregarlos al auxiliar



<b>OBSERVACIONES:</b>
Número de alumnos por equipo de trabajo:
(*) Entregarlos al auxiliar



Hoja de Registro de Ruta de Residuos

Laboratorio de Química Inorgánica II	LQI	Fecha	Nombre y firma del maestro
Práctica No. 1			
Solubilidad y pruebas a la llama			

Reactivos	Tratamiento	Vol./Eq.	Colector															
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Drenaje	D. Sólidos				
KCl (s)	Disolver en agua																X	
ZnS (s)								X										
CdS (s)								X										
CoS (s)								X										
HgO (s)								X										
NiS (s)								X										
CuS (s)								X										
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (s)	Disolver en agua																X	
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (s)	Disolver en agua																X	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)									X									
HCl 12F	Neutralizar con NaOH																X	
HNO <sub>3</sub> 15F	Neutralizar con NaOH																X	
HNO <sub>3</sub> 6F	Neutralizar con NaOH																X	
Agua regia	Neutralizar con NaOH																X	
NaCl 0.1M																	X	
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0.1M														X				
LiNO <sub>3</sub> 0.1M																	X	
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0.1M																	X	



Hoja de Registro de Ruta de Residuos

Laboratorio de Química Inorgánica II <b>Práctica No. 2</b> Periodicidad química	<b>LQI</b>	Nombre y firma del maestro :
		Fecha:

Reactivos	Tratamiento	Vol./Eq.	C o l e c t o r														
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Drenaje	D. Sólidos			
Na <sup>(s)</sup>	Devolver al frasco															X	
Mg <sup>(s)</sup>	Devolver al frasco																
Al <sup>(s)</sup>	Devolver al frasco																
Si <sup>(s)</sup>	Devolver al frasco																
P rojo <sup>(s)</sup>									X								
S <sup>(s)</sup>							X										
Ca <sup>(s)</sup>	Devolver al frasco																
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 18 F	Neutralizar con NaOH															X	
NaCl <sup>(s)</sup>																X	
HCl 6 F	Neutralizar con NaOH															X	
Mg(OH) <sub>2</sub>	Neutralizar con HCl															X	
Al(OH) <sub>3</sub>	Neutralizar con HCl o NaOH															X	
Pb(OH) <sub>2</sub>									X								
Sn(OH) <sub>2</sub>																X	
HNO <sub>3</sub> 6 F	Neutralizar con HCl															X	
NaOH 6 F	Neutralizar con HCl															X	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>									X								
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>								X									



Reactivos	Tratamiento	Vol./Eq.	Colector														
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Drenaje	D. Sólidos			
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>								X									
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>								X									
Fe <sub>(s)</sub>	Devolver al frasco																
Cu <sub>(s)</sub>	Devolver al frasco																
LiCl 1.0 F														X			
NaCl 1.0 F														X			
KCl 1.0 F															X		
MgCl <sub>2</sub> 1.0 F															X		
CaCl <sub>2</sub> 1.0 F															X		
SrCl <sub>2</sub> 1.0 F																X	
Volumen del recipiente/Sesión (mL)																	
OBSERVACIONES:																	
:																	
Número de alumnos por equipo de trabajo																	

Hoja de Registro de Ruta de Residuos

Laboratorio de Química Inorgánica II <b>Práctica No. 3</b> 3.1 Hidrógeno y sus propiedades 3.2 Oxígeno y sus propiedades 3.3 Halógenos	<b>LQI</b>	Fecha	Nombre y firma del maestro
--	------------	-------	----------------------------

Reactivos	Tratamiento	Vol./Eq.	Colector														
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Drenaje	D. Sólidos			
Fe (s)	Regresar al frasco																
Zn (s)	Regresar al frasco																
Cu (s)	Regresar al frasco																
HCl 6 F	Neutralizar con NaOH															X	
HNO <sub>3</sub> 2 F	Neutralizar con NaOH															X	
HNO <sub>3</sub> 15 F	Neutralizar con NaOH															X	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 3 F	Neutralizar con NaOH															X	
KMnO <sub>4</sub> 0.01 F															X		
KClO <sub>3</sub> (s)															X		
S (s)															X		
Na <sub>2</sub> O (s)	Disolver en agua																X
KI 0.1 F																	X
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3 %															X		
CCl <sub>4</sub> (liq)															X		
Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>															X		
KI (s)																	X
NaBr 0.1 F																	X

Reactivos	Tratamiento	Vol./Eq.	Colector															
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Drenaje	D. Sólidos				
NaI 0.1 F																	X	
Agua de cloro												X						
Pb(OAc) <sub>2</sub> 0.3 F								X										
HCl 12 F	Neutralizar con NaOH																X	
AgNO <sub>3</sub> 0.1 F									X									
NH <sub>4</sub> OH 6 F	Neutralizar con HCl																X	
KSCN 0.1 F									X									
K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> 0.1 F									X									
NaCl 0.1 F																	X	
FeCl <sub>3</sub>																	X	
Buffer Acético																		
FeSO <sub>4</sub> sat																	X	
Volumen del recipiente/Sesión (mL)																		
OBSERVACIONES:																		
Número de alumnos por equipo de trabajo:																		

## Hoja de Registro de Ruta de Residuos

Laboratorio de Química Inorgánica II <b>Práctica No. 4</b> Velocidad de reacción	<b>LQI</b>	Fecha: _____ Nombre y firma del maestro : _____
--	------------	--

Reactivos	Tratamiento	Vol./Eq.	C o l e c t o r														
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Drenaje	D. Sólidos			
KIO <sub>3</sub> 0.0196 F												X					
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O	Neutralizar con NaOH																X
KIO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Neutralizar a pH 6-8											X					
Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>																	
Volumen del recipiente/Sesión (mL)																	

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

Número de alumnos por equipo de trabajo: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **8.2.2 Almacén Temporal de Residuos Peligrosos**

El Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos establece las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos.

Considerando las condiciones establecidas por el mencionado reglamento, se propone un Almacén Temporal de Residuos Peligrosos con las características descritas en el cuadro 8.1.

La figura 8.1 muestra el plano de la planta del almacén, en la figura 8.2 se pueden apreciar los cortes A - A y B - B del mismo. Las vistas de frente y lateral se muestran en la figura 8.3.

Atendiendo las recomendaciones del artículo 15 del reglamento antes mencionado, se recomienda ubicar el almacén temporal de residuos peligrosos en el área señalada en el plano de la figura 8.4., situado en el área de ciudad universitaria junto al edificio redondo de la FCQ y las canchas deportivas de la Facultad de Ingeniería Civil.

**Cuadro 8.1 Características del almacén temporal de residuos peligrosos**

<b>Característica</b>	<b>Recomendación</b>
Dimensiones	Frente: 5.0 m Fondo: 10.0 m Altura máxima: 4.0 m
Fosa de retención	2 fosas de un metro cúbico de volumen cada una, ubicadas en los laterales de la entrada principal.
Piso con canaleta	Canal colector de derrames con pendiente hacia las fosas de retención Piso con pendiente del 2% hacia el canal colector de derrames.
Pasillo	Pasillo central de 3.20 m de ancho a todo lo largo del almacén.
Grúa	Viga para grúa viajera, colocada a todo lo largo del almacén.
Salida de emergencia	Puerta personal ubicada en la parte posterior del local.
Ventilación	Tres extractores ubicados en lugares estratégicos para forzar una corriente de aire. Ventanas laterales.
Instalación eléctrica	Alumbrado a prueba de explosiones. Apagadores instalados en la entrada principal.
Instalación hidráulica	Regadera Lava ojos Tarja
Equipo contra incendio	Extintores de sustancias químicas en polvo.
Ubicación	Cercano al edificio redondo de la FCQ donde se encuentran la mayor parte de los laboratorios generadores de residuos peligrosos.

Figura 8.1 Planta sin escala del almacén temporal  
de residuos peligrosos

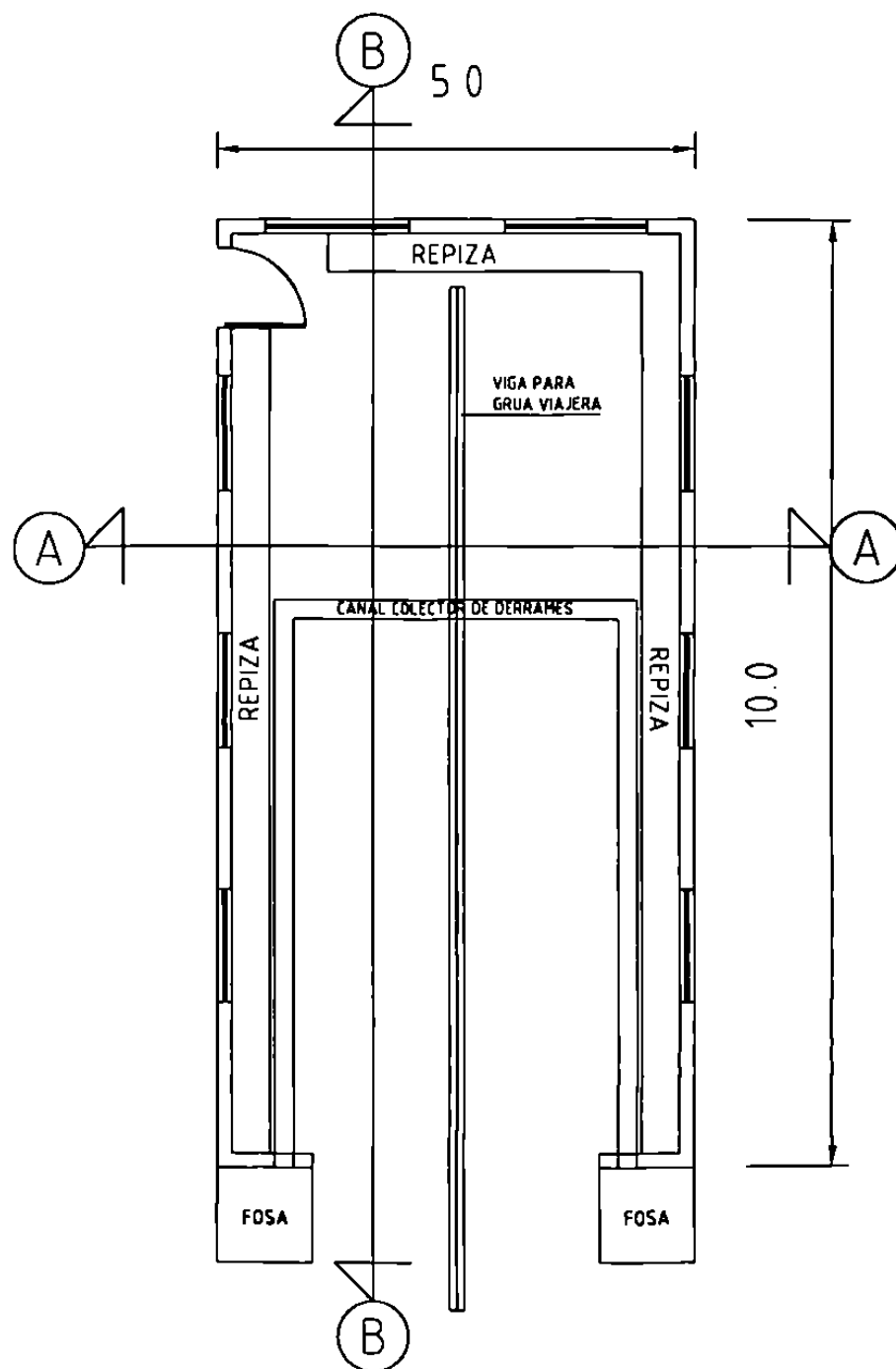
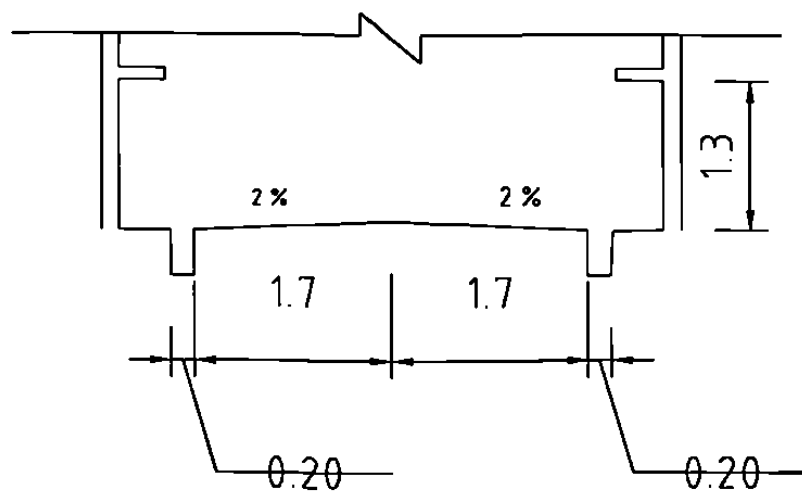
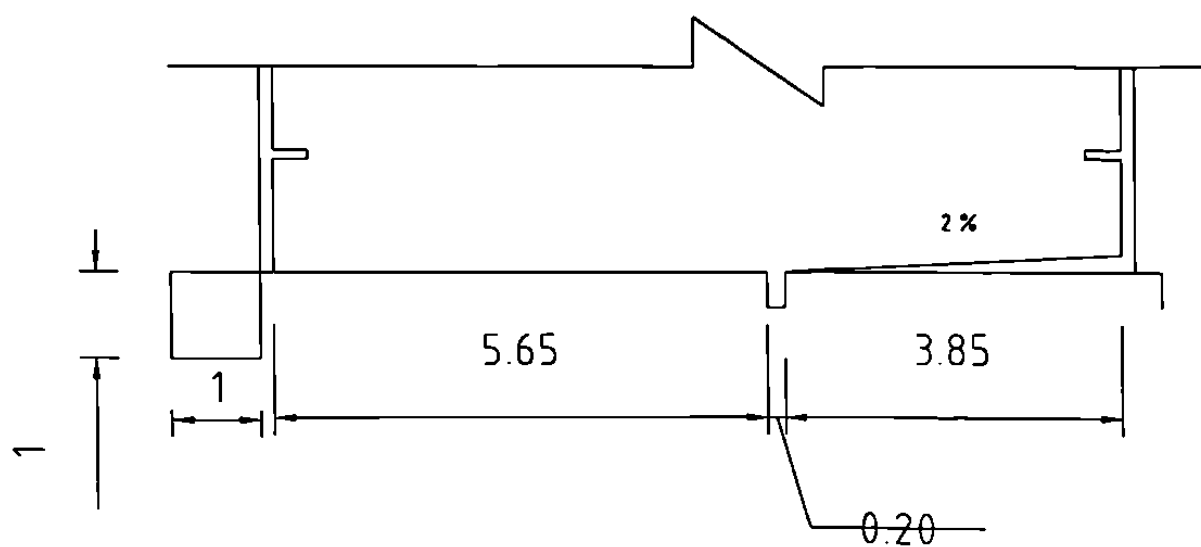


Figura 8.2 (a) Corte A-A, (b) Corte B-B sin escala de planta del almacén temporal de residuos peligrosos

(a) Corte A-A



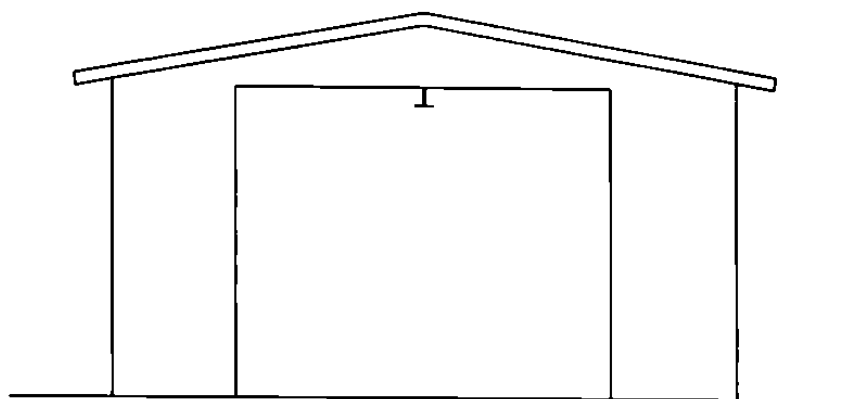
(b) Corte B-B



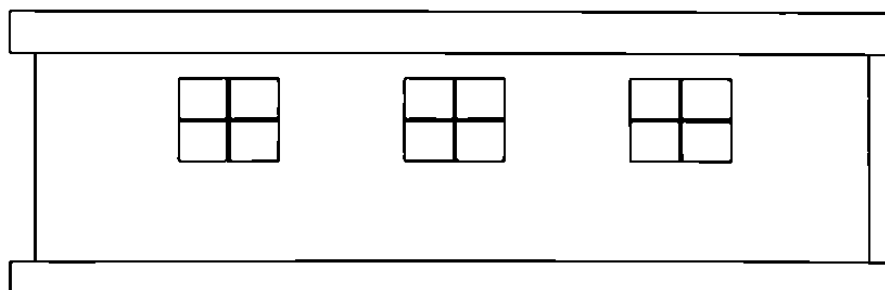


**Figura 8.3 Vista (a) de frente y (b) lateral del almacén temporal de residuos peligrosos**

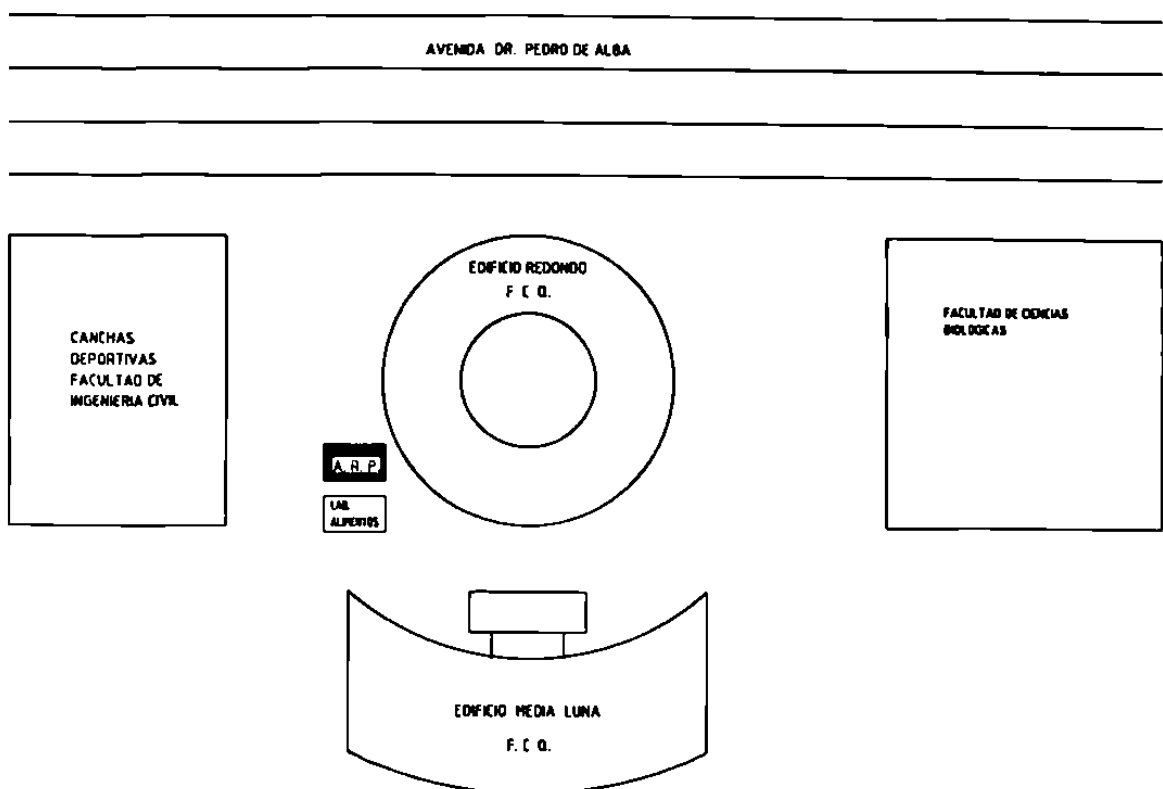
**(a) Frente**



**(b) Lateral**



**Figura 8.4** Planta de ubicación del almacén temporal de residuos peligrosos



### **8.2.3 Hoja de Datos de Seguridad Para Sustancias Químicas**

La NOM-114-STPS-1994 establece el sistema para la identificación y comunicación de riesgo por sustancias químicas en los centros de trabajo, en el Anexo 3 de esta norma dice:

Todos los centros de trabajo deben tener la hoja de datos de seguridad (HDS) de las sustancias químicas que manejen o produzcan. Los fabricantes, importadores o distribuidores tienen la obligación de proporcionar una hoja de datos de seguridad por cada una de las sustancias químicas o mezcla riesgosa que produzcan o importe. A fin de que estén disponibles a los trabajadores y encargados de seguridad, y puedan contar con información inmediata para instrumentar medidas preventivas y/o correctivas en el centro de trabajo.

Cada hoja de datos de seguridad debe estar llenada en español. El formato puede variar de una empresa a otra, sin embargo debe contener como mínimo la información que se indica en este Anexo.

La información debe ser confiable a fin de que su uso normal reditúe en una atención adecuada para el cuidado de la vida y la salud humana o para controlar la emergencia.

No se deben dejar espacios en blanco. Si la información requerida no está disponible (ND) o no es aplicable (NA), esto tendrá que ser indicado.

Se debe utilizar letra de molde, usando tinta o máquina de escribir.

La Hoja de Datos debe ser revisada y/o actualizada en un período no mayor que un año. El cuadro 8.2 muestra los datos que deben de contener las Hojas de Seguridad.

## Cuadro 8.2 Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas

1.- Fecha de elaboración

2.- Fecha de revisión

### SECCION I

#### DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA

1. Nombre del fabricante
2. Domicilio completo: Calle, número exterior, número interior, colonia, delegación, municipio

### SECCION II

#### DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA

1. Nombre comercial
2. Nombre químico o código
3. Familia química
4. Sinónimos
5. Otros datos

### SECCION III

#### IDENTIFICACION DE COMPONENTES

1. % y nombre de los componentes
2. Número CAS
3. Número O.N.U.
4. CPT, CCT ó P
5. IPVS

6. Grado de riesgo

### SECCION IV

#### PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

1. Temperatura de ebullición (°C)
2. Temperatura de fusión (°C)
3. Temperatura de inflamación (°C)
4. Temperatura de autoignición (°C)
5. Densidad relativa
6. Densidad de vapor (aire = 1)
7. Peso molecular
8. Estado físico, color y olor
9. Velocidad de evaporación (butil-acetato = 1)
10. Solubilidad en agua
11. Presión de vapor mmHg 20°C
12. % de volatilidad
13. Límites de inflamabilidad o explosividad:  
Inferior  
Superior
14. Otros datos

### SECCION V

#### RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION

1. Medio de extinción:  
Niebla de agua  
Espuma  
CO<sub>2</sub>  
Polvo químico seco  
Otros (especificar)
2. Equipo de protección personal

3. Procedimiento y precauciones especiales en el combate de incendio
4. Condiciones que conducen a otro riesgo especial
5. Productos de la combustión nocivos para la salud

## SECCION VI

### DATOS DE REACTIVIDAD

1. Sustancia:
  - Estable
  - Inestable
2. Condiciones a evitar
3. Incompatibilidad (sustancia a evitar)
4. Productos peligrosos de la descomposición
5. Polimerización espontánea:
  - Puede ocurrir
  - No puede ocurrir
6. Condiciones a evitar

## SECCION VII

### RIESGOS PARA LA SALUD

- 1ª. Parte. Efectos a la salud
1. Por exposición aguda    Por exposición crónica
  2. Sustancia química considerada como:
    - Cancerígena
    - Mutagénica
    - Otras (especificar)

STPS (NOM-010-STPS) SI

NO \_\_\_\_\_

Fuente aprobada:

SI    NO \_\_\_\_\_ Especificar

Información complementaria (DL<sub>50</sub>, CL<sub>50</sub>, etc.)

## 2ª. Parte. Emergencia y primeros auxilios

- a) Contacto con los ojos
- b) Contacto con la piel
- c) Ingestión
- d) Inhalación

1. Otros riesgos o efectos para la salud
2. Datos para el médico
3. Antídoto (dosis, en caso de existir)

## SECCION VIII

### INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME

Procedimientos y equipo de protección personal que se requieren para los casos de fugas o derrames, la forma de neutralizar y/o controlar la sustancia e indicar con que soluciones o sustancias se recomienda hacerlo.

## SECCION IX

### PROTECCION ESPECIAL

1. Equipo de protección personal
2. Ventilación

## SECCION X

### INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION

1. Debe estar de acuerdo con el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y con las normas que para el efecto se expidan.

**SECCION XI**  
**INFORMACION SOBRE ECOLOGIA**

1. Debe estar de acuerdo con las reglamentaciones ecológicas

**PRECAUCIONES ESPECIALES**

1. Precauciones que deben ser tomadas para el manejo y almacenamiento
2. Otras precauciones

**SECCION XII**

---

## BIBLIOGRAFIA

1. National Research Council. (1991) Environmental Epidemiology, Public Health and Hazardous Wastes. Washington, D. C.:National Academy Press.
2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Gaceta Ecológica 1989,1(1):3
3. (EPA,1980,Holmes, G.1993, Stafford,S. G, etal.1994)
4. México. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. (1986) Informe sobre el estado del medio ambiente en México. México, D. F.: SEDUE
5. México. Secretaría de Desarrollo Social. (1993) Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992. México, D. F: SEDESOL.
6. México. Instituto Nacional de Ecología. Bases para una política nacional de residuos peligrosos. La Jornada 1994 diciembre.
7. Botello AV, Ponce G, Toledo A, Diaz G, Villanueva S. (1992) Ecología, recursos costeros y contaminación en el Golfo de México. Ciencia y Desarrollo.



8. México. Secretaría de Desarrollo Social – Instituto Nacional de Ecología (1993). México Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1993-1994: SEDESOL.
9. Reinhardt P.A. and J.G. Gordon (1991) "Infectious and Medical Waste Management" Lewis Publ. Inc.,USA
10. [www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/gtz/defclarp/rescua05.html](http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/gtz/defclarp/rescua05.html)
11. Tchobanoglous G.; H. Theisen and r. Eliassen (1977) "Solid Wastes; Engineering Principles and Management Issues". Mc Graw Hill, USA
12. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos (Gaceta Ecológica , 1989)
13. Programa para la Minimización y el Manejo Integral de los Residuos Industriales Peligrosos en México. 1996-2000
14. Gobierno del Estado de Nuevo León. Plan Estatal de Protección y Preservación del Medio Ambiente. Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas
15. [www.cespedes.org.mx/publicaciones/cuadernos/c\\_6.html](http://www.cespedes.org.mx/publicaciones/cuadernos/c_6.html)
16. Gaceta ecológica, Volumen 1. 1989
17. México. Diario Oficial de la Federación. Enero 28 de 1988
18. México. Diario Oficial de la Federación. Noviembre 25 de 1988
19. México. Diario Oficial de la Federación. Mayo 3 de 1989
20. México. Diario Oficial de la Federación. Noviembre 11 de 1990

21. México. Diario Oficial de la Federación. Abril 7 de 1993
22. México. Diario Oficial de la Federación. Octubre 22 de 1993
23. México. Diario Oficial de la Federación. Julio 24 de 1995
24. México. Diario Oficial de la Federación. Agosto 18 de 1995
25. México. Diario Oficial de la Federación. Agosto 21 de 1995
26. México. Diario Oficial de la Federación. Agosto 23 de 1995
27. México. Diario Oficial de la Federación. Agosto 25 de 1995
28. México. Diario Oficial de la Federación. Septiembre 4 de 1995
29. México. Diario Oficial de la Federación. Septiembre 13 de 1995
30. México. Diario Oficial de la Federación. Septiembre 16 de 1995
31. México. Diario Oficial de la Federación. Septiembre 22 de 1995
32. México. Diario Oficial de la Federación. Septiembre 25 de 1995
33. México. Diario Oficial de la Federación. Octubre 4 de 1995
34. México. Diario Oficial de la Federación. Octubre 18 de 1995
35. México. Diario Oficial de la Federación. Octubre 23 de 1995
36. México. Diario Oficial de la Federación. Octubre 30 de 1995
37. México. Diario Oficial de la Federación. Noviembre 7 de 1995
38. México. Diario Oficial de la Federación. Agosto 12 de 1996
39. México. Diario Oficial de la Federación. Agosto 14 de 1996
40. México. Diario Oficial de la Federación. Agosto 19 de 1996
41. México. Diario Oficial de la Federación. Octubre 14 de 1996
42. México. Diario Oficial de la Federación. Noviembre 25 de 1996
43. México. Diario Oficial de la Federación. Diciembre 13 de 1996

# ***Anexo A***

## **Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos**